المملكــة العربيــة الســعودية
المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني
**الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج**

# المساحة

# الاستشعار عن بعد

215 مسح



# مقدمة

الحمد للّه وحده، والصلاة والسلام على من لا نبي بعده، محمد وعلى آله وصحبه، وبعد:

تسعى المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني لتأهيل الكوادر الوطنية المدربة القادرة على شغل الوظائف التقنية والفنية والمهنية المتوفرة في سوق العمل، ويأتي هذا الاهتمام نتيجة للتوجهات السديدة من لدن قادة هذا الوطن التي تصب في مجملها نحو إيجاد وطن متكامل يعتمد ذاتياً على موارده وعلى قوة شبابه المسلح بالعلم والإيمان من أجل الاستمرار قدماً في دفع عجلة التقدم التنموي لتصل بعون الله تعالى لمصاف الدول المتقدمة صناعياً.

وقد خطت الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج خطوة إيجابية تتفق مع التجارب الدولية المتقدمة في بناء البرامج التدريبية، وفق أساليب علمية حديثة تحاكي متطلبات سوق العمل بكافة تخصصاته لتلبي متطلباته، وقد تمثلت هذه الخطوة في مشروع إعداد المعايير المهنية الوطنية الذي يمثل الركيزة الأساسية في بناء البرامج التدريبية، إذ تعتمد المعايير في بنائها على تشكيل لجان تخصصية تمثل سوق العمل والمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني بحيث تتوافق الرؤية العلمية مع الواقع العملي الذي تفرضه متطلبات سوق العمل، لتخرج هذه اللجان في النهاية بنظرة متكاملة لبرنامج تدريبي أكثر التصاقاً بسوق العمل، وأكثر واقعية في تحقيق متطلباته الأساسية.

وتتناول هذه الحقيبة التدريبية " الاستشعار عن بعد " لمتدربي تخصص " المساحة " للكليات التقنية على موضوعات حيوية تتناول كيفية اكتساب المهارات اللازمة لهذا البرنامج.

والإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج وهي تضع بين يديك هذه الحقيبة التدريبية تأمل من الله عز وجل أن تسهم بشكل مباشر في تأصيل المهارات الضرورية اللازمة، بأسلوب مبسط يخلو من التعقيد، وبالاستعانة بالتطبيقات والأشكال التي تدعم عملية اكتساب هذه المهارات.

والله نسأل أن يوفق القائمين على إعدادها والمستفيدين منها لما يحبه ويرضاه إنه سميع مجيب الدعاء.

**الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج**

# تمهيد

يوفر علم الاستشعار عن بعد معلومات كثيرة وغزيرة عن الأرض، بحيث تستخدم هذه المعلومات في دراسة الظواهر الطبيعية والبشرية، ومما يميز هذا العلم أنه يوفر المعلومات عن منطقة ما دون الحاجة إلى الوصول إليها أو ملامستها، مما يجعله متقدماً على الطرق التقليدية في جمع المعلومات.

وتهدف حقيبة الاستشعار عن بعد إلى إعطاء المتدربين الكلية التقنية، تخصص تقنية المساحة، القدرة على فهم المبادئ الأساسية لعلم الاستشعار عن بعد وكيفية الاستفادة من هذا العلم واستخدام مخرجاته في التطبيقات المختلفة.

وبعون الله وتوفيقه نأمل أن تكون الحقيبة بمثابة مرجع يمكن أن يزود المتدربين بمعلومات ضرورية في هذا المجال. وتحتوي هذه الحقيبة على أربع وحدات موزعة كالتالي:

- تتضمن الوحدة الأولى مقدمة في الاستشعار عن بعد، وتحتوي على نبذة تاريخية عن الاستشعار عن بعد وتعريفات و مكونات نظام الاستشعار عن بعد، والمبادئ الأساسية لهذا العلم.
- وتشمل الوحدة الثانية مصادر المعلومات في الاستشعار عن بعد، و مكونات الصور الرقمية و الأقمار الصناعية المستخدمة.
- وتتطرق الوحدة الثالثة إلى تحليل وتفسير صور ومخرجات الاستشعار عن بعد، وتصحيح وإزالة الأخطاء من الصور.
- وفي الوحدة الرابعة نتطرق إلى بعض تطبيقات الاستشعار وطرق الاستفادة من مخرجات الاستشعار عن بعد.

ولقد زودت الحقيبة في آخرها بعدد من المراجع التي استقيت منها المعلومات والأفكار، كما سردت بعض المواقع على الإنترنت لمزيد من المعلومات عن هذا العلم وتطوراته.

وفي الأخير نرجو من الله العلي القدير أن يسدد خطانا وأن يجعل في هذه الحقيبة النفع الكثير ونأمل أن نكون قد وفقنا في إعدادها وقدمنا ما يفيد المتدربين والعاملين في مجال المساحة.

# الاستشعار عن بعد

## مقدمة في الاستشعار عن بعد



مقدمة في الاستشعار عن بعد

1

# الوحدة الأولى: مقدمة في الاستشعار عن بعد

**الجدارة:**

أن يتعرف المتدرب على أسس ومبادئ وتقنيات الاستشعار عن بعد.

**الأهداف:**

في هذه الوحدة ستتعرف على مفهوم الاستشعار عن بعد وأهميته والتقنيات المستخدمة في هذا العلم وبإذن الله ستكون بنهاية هذه الوحدة:

1 -قادراً على معرفة مفهوم الاستشعار عن بعد وتعريفاته والأسس التي يقوم عليها هذا العلم.

2 -قادراً على معرفة تقنيات الاستشعار عن بعد.

3 - قادرا على معرفة مكونات الصور الرقمية.

**متطلبات الجدارة:**

ينبغي أن تتشكل لدى المتدرب صورة متكاملة عن أسس ومبادئ وتقنيات الاستشعار عن بعد.

**مستوى الأداء:**

أن يصل المتدرب إلى نسبة 100٪ في معرفة أسس ومبادئ وتقنيات الاستشعار عن بعد.

**الوقت المتوقع للتدريب:**

6 ساعات.

**الوسائل المساعدة:**

1. صور فضائية.
2. جهاز حاسب آلي لغرض عرض الصور.

# مقدمة في الاستشعار عن بعد

## 1 -1 المقدمة :

من المعروف لدينا إن تطور أي بلد يعتمد على جمع و حصر المعلومات الخاصة بالموارد الطبيعية والصناعية والاقتصادية وغيرها, وذلك لاستخدامها في التخطيط المستقبلي أو لإيجاد الحلول للمشكلات المرتبطة بهذا البلد. وقد تعددت طرق و مصادر جمع المعلومات, ومن هذي الطرق: الطرق التقليدية, مثل الأعمال الميدانية والإحصاءات وغيرها. إلا أن التوسع في الحاجة إلى البيانات المكانية، سواء من حيث الحجم المساحي أو دقة التفاصيل، جعلت المصادر التقليدية غير كافية أو غير عملية من ناحية سرعة الحصول على المعلومة أو دقتها.

فدعت الحاجة لابتكار طرق جديدة لجمع المعلومات، ومن هذه الطرق جمع المعلومات أو البيانات عن هدف دون الوصول إليه أو ملامسته وذلك ما يعرف اليوم بعلم الاستشعار عن بعد( Remote Sensing). الذي كان يعرف سابقا بمصطلح تحليل ودراسة الصور الجوية ( Aerial Photo Interpretation) وكان يقصد بذلك الصور الفوتوغرافية التي تؤخذ بواسطة الطائرات أو المناطيد أو غيرها باستخدام الأفلام التقليدية. وفي عام 1960م ظهر لفظ الاستشعار عن بعد لأول مرة، فقد أصبحت هناك مناظر أو مرئيات (Images) تؤخذ من بعد ولكنها تختلف في طريقة تشكيلها واستخراجها عن الصور الفوتوغرافية، وإن كانت لا تختلف عنها من حيث المظهر، وأصبح لفظ الصور الجوية يعني الصور المأخوذة بواسطة الطائرات أو المناطيد، التي تستخدم طرق التصوير التقليدية في النطاق المرئي من الأشعة الكهرومغناطيسية.

أما الاستشعار عن بعد فهو أعم وأشمل حيث يقصد به كل طرق الاستشعار عن بعد بما في ذلك الصور الجوية، والمناظر الفضائية.

## 1 -2 نبذة تاريخية عن علم الاستشعار عن بعد :

علم الاستشعار عن بعد مثل العلوم الأخرى بمراحل تطور إلى يومنا هذا، ومازال يتطور وتزداد أهميته مع زيادة إمكانياته وسهولة الحصول على المعلومات من مخرجاته.

حيث انطلق علم الاستشعار عن بعد من اختراع آلة التصوير عام 1839م، ولكن أخذت أول صورة من الجو عام 1858م على ارتفاع 80 متر لقرية فرنسية. ثم أخذت صورة لمدينة بوسطن عام 1860م من منطاد على ارتفاع 360متر. وبعدها أخذت صورة لأغراض الأحوال الجوية من طائرة ورقية عام 1882م. .ثم جاء اختراع الأخوين (رايت) الطائرة عام 1903م الذي ساهم بدوره في تطور طرق التصوير، ثم أخذت صورة عام 1909م لمدينة إيطالية. وفي عام 1915م تم تصنيع جهاز تصوير خاص بالطائرات قام بتصميمه

ضابط في سلاح الجو البريطاني. ولكن تفسير الصور الجوية بدأ بمعناه الحقيقي خلال الحرب العالمية الأولى. وقد ساعد ذلك على ظهور أجهزة الرؤية المجسمة عام 1915م. واستخدمت الصور الجوية عام 1920م في عمليات التنقيب عن النفط. ثم ساعد تطور علم العدسات عام 1934م على الحصول على صور جوية بمقاييس صغيرة. واستمر استخدام الصور الجوية في عمليات الحصر وإنتاج الخرائط الشاملة وخرائط المناطق. إلى أن استخدمت الصور الجوية في عمليات التجسس في الحرب العالمية الثانية، وذلك لتحديد الأهداف العسكرية وتقدير الخسائر وحصرها.

وعندما دخلت الولايات المتحدة الأمريكية الحرب العالمية الثانية لم تكن لديها أي خبرة في تفسير الصور الجوية، فتم إنشاء مدرسة تحليل الصور الجوية التابعة لسلاح البحرية الأمريكية عام 1942م، التي خرجت الآلاف من المحللين والمتخصصين في هذا المجال بعد نهاية الحرب. ثم توالت المعاهد والانتشار الأكاديمي حتى بلغ عدد المعاهد والجامعات التي تدرس موضوع التصوير الجوي عام 1946م حوالي 13 مركزاً أكاديميا في الولايات المتحدة الأمريكية.

أما استخدام الصور الجوية في المناطق العربية فكان من خلال الحرب العالمية الأولى بواسطة الغرب وذلك بتصوير مناطق السويس وبعض مناطق مصر، و بعد الاحتلال الإسرائيلي في المنطقة واكتشاف النفط ظهر التصوير الجوي في المنطقة مره أخرى، ولكن كان معظمها مقتصراً على الأغراض العسكرية والعمليات الاقتصادية.

ومع بداية عصر الفضاء والاتصالات بالأقمار الصناعية حيث أطلقت الولايات المتحدة الأمريكية صاروخاً عام 1946م لغرض الاستكشاف الفضائي على ارتفاع 120كيلومتر، وفي عام 1957م أطلق الاتحاد السوفيتي القمر الصناعي الأول. وبعدها أطلقت أمريكا أول أقمارها الصناعية في عام 1958م. وتوالت الإنجازات حتى تم في عام 1965م إطلاق المركبة المأهولة (جيمني 3)، ثم استمر التصوير الفضائي في سلسلة رحلات (أبولو) التي بدأت عام 1968م وانتهت عام 1972م، و في منتصف عام 1972م وضع القمر الصناعي الأمريكي(ERTS-1 الذي يعرف الآن باسم لاندسات Landsat-1 )في مداره حول الأرض، وتبع برنامجي (أبولو وجيمني) برنامج المعمل الفضائي الذي استمر ثمانية أشهر ما بين 1973م و 1974م تم من خلالها إرسال ثلاث رحلات مأهولة، ومن أهم المجالات التي استفادت من تجارب المعمل الفضائي: الزراعة، الغابات، الجغرافيا، دراسة البحار والمحيطات، التلوث، استخدام الأراضي، الطقس والمناخ.

ثم بدأ سباق إطلاق الأقمار الصناعية وغزو الفضاء وسعت كل دولة إلى امتلاك سلسلة من الأقمار لتكون هي المسيطرة على هذه التقنية، وجدول(1 -1) يلخص أهم الأقمار وتاريخ إطلاقها، وسوف نتحدث بشيء من التفاصيل بمشيئة الله في الوحدة الثانية عن الأقمار المستخدمة حاليا.

| م | مالك القمر | اسم القمر | تاريخ الإطلاق | ملحوظات |
|---|---|---|---|---|
| 1 | الولايات المتحدة الأمريكية | LANDSAT-1 | 1972م | انتهى العمل به في 1978م |
| 2 | الولايات المتحدة الأمريكية | LANDSAT-2 | 1975م | انتهى العمل به في 1983م |
| 3 | الولايات المتحدة الأمريكية | NOAA-6 | 1979م | |
| 4 | الولايات المتحدة الأمريكية | LANDSAT-3 | 1978م | انتهى العمل به في 1983 |
| 5 | الولايات المتحدة الأمريكية | NOAA-7 | 1981م | |
| 6 | الولايات المتحدة الأمريكية | LANDSAT-4 | 1982م | |
| 7 | الولايات المتحدة الأمريكية | NOAA-8 | 1983م | |
| 8 | الولايات المتحدة الأمريكية | LANDSAT-5 | 1984م | |
| 9 | الولايات المتحدة الأمريكية | NOAA-9 | 1984م | |
| 10 | الاتحاد السوفييتي | RESURS-O1-1 | 1985م | |
| 11 | فرنسا | SPOT-1 | 1986م | |
| 12 | الولايات المتحدة الأمريكية | NOAA-10 | 1986م | |
| 13 | الاتحاد السوفييتي | RESURS-O1-2 | 1988م | |
| 14 | الهند | IRS-1A | 1988م | |
| 15 | الولايات المتحدة الأمريكية | NOAA-11 | 1988م | |
| 16 | فرنسا | SPOT-2 | 1990م | |
| 17 | الهند | IRS-1B | 1991م | |
| 18 | الولايات المتحدة الأمريكية | NOAA-12 | 1991م | |
| 19 | فرنسا | SPOT-3 | 1993م | |
| 20 | الولايات المتحدة الأمريكية | LANDSAT-6 | 1993م | حدث فشل في إطلاق هذا القمر |
| 21 | الولايات المتحدة الأمريكية | NOAA-14 | 1994م | NOAA-13حدث فشل في الإطلاق |
| 22 | الاتحاد السوفييتي | RESURS-O1-3 | 1994م | |
| 23 | الهند | IRS-1C | 1995م | |
| 24 | كندا | RADARSAT | 1995م | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 25 | الهند | IRS-1D | 1997م | |
| 26 | الاتحاد السوفييتي | RESURS-O1-4 | 1998م | |
| 27 | فرنسا | SPOT-4 | 1998م | |
| 28 | الولايات المتحدة الأمريكية | NOAA-15 | 1998م | |
| 29 | الولايات المتحدة الأمريكية | LANDSAT-7 | 1999م | |
| 30 | الولايات المتحدة الأمريكية | IKONOS | 1999م | |
| 31 | الولايات المتحدة الأمريكية | EROS-A | 2000م | |
| 32 | الولايات المتحدة الأمريكية | NOAA-16 | 2000م | |
| 33 | الولايات المتحدة الأمريكية | QuickBird | 2001م | |
| 34 | فرنسا | SPOT-5 | 2002م | |
| 35 | الولايات المتحدة الأمريكية | NOAA-17 | 2002م | |

جدول (1 -1) أهم الأقمار الصناعية وتاريخ إطلاقها.

## 1 -3 تعريف الاستشعار عن بعد:

الاستشعار عن بعد هو علم وفن، يهدف إلى الحصول على معلومات عن جسم أو منطقة أو ظاهرة من خلال تحليل معطيات يتم اكتسابها بجهاز استشعار لا يلمس ذلك الجسم أو الظاهرة المدروسة. فقراءتك لهذه الكلمات هي في الواقع استشعار عن بعد، إذ إن عيونك تقوم بدور مستشعرات تتحسس بالضوء المنعكس من هذه الصفحة، والمعطيات التي تحصل عليها إنما هي نبضات تناسب مع كمية الضوء المنعكس من الصفحة، ويقوم حاسوبك العقلي بتحليل هذه المعطيات وتفسيرها لتعرف أنها مجموعة حروف وكلمات، وبعد ذلك تستطيع التعرف على الجمل و من ثم المعلومات التي تتضمنها الجمل.

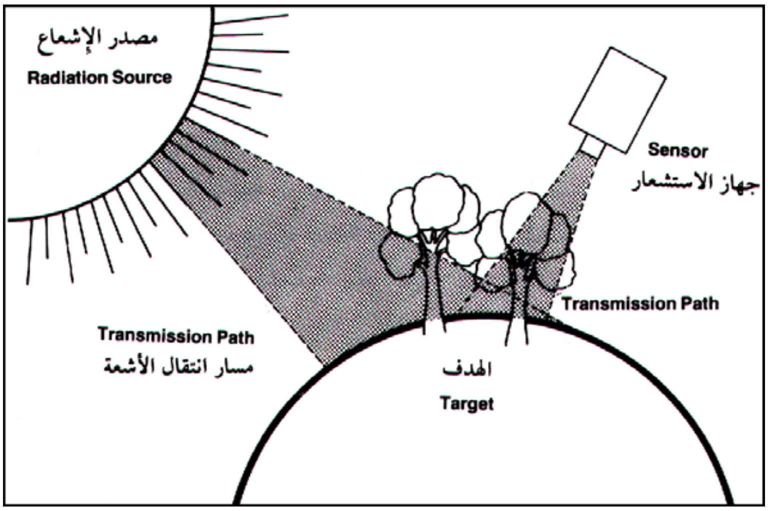
والاستشعار عن بعد يشبه عملية القراءة، ففي عملية القراءة العين البشرية تتحسس الضوء المرئي المنعكس من الأجسام، أما في عملية الاستشعار فهناك أجهزة تستشعر الطاقة المنعكسة من الأجسام، ولكن ليست هذه الطاقة فقط في المجال المرئي فهناك مستشعرات مختلفة تتحسس أنواعاً كثيرة من هذه الأشعة المنعكسة من الأجسام، فالضوء المنعكس من الأجسام هو عبارة عن طاقة كهرومغناطيسية.

وبذلك يمكن تعريف الاستشعار عن بعد بأنه مصطلح يصف تقنية ومراقبة ودراسة والتعرف على الأشياء من بعد، باستخدام الموجات الكهرومغناطيسية، ويتم بهذه التقنية اقتناء المعلومات من خلال جهاز ليس في احتكاك مباشر مع الأجسام المدروسة، بواسطة تسجيل الموجات الكهرومغناطيسية المنعكسة من هذه الأجسام.

## 1 -4 العناصر الأساسية لنظام الاستشعار عن بعد:

ومن تعريف الاستشعار عن بعد السابق يتضح أن هناك أربعة عناصر أساسية يقوم عليها مبدأ نظام الاستشعار عن بعد(شكل1 -1) وهي:

1. مصدر الإشعاع.
2. مسار انتقال الأشعة.
3. الهدف.
4. جهاز الاستشعار.




شكل(1 -1): مكونات نظام الاستشعار عن بعد

## 1 -4 -1مصدر الإشعاع الكهرومغناطيسي:

كما ذكرنا في تعريف الاستشعار عن بعد بأنه دراسة الأشعة أو الطاقة الكهرومغناطيسية المنعكسة أو المنبعثة من الأجسام، فلابد أن يكون هناك مصدر أساسي لهذه الطاقة. وفي الحقيقة فإن هناك مصدرين الأول طبيعي وهو الشمس والآخر صناعي، وعلى ذلك هناك نوعان من الاستشعار عن بعد هما:

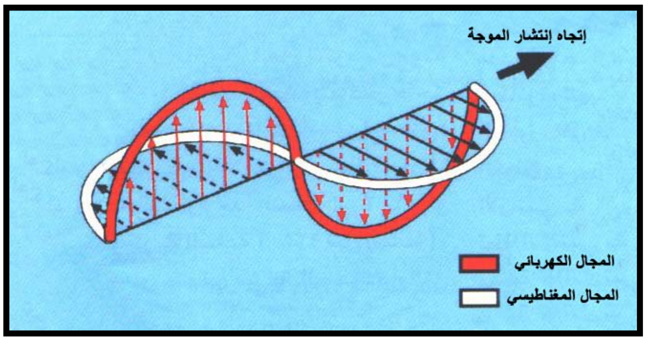
أ. **نظام الاستشعار عن بعد السلبي(Passive)**: وهو النظام الذي يعتمد على المصدر الطبيعي الطاقة الكهرومغناطيسية وهو الشمس، ثم التصوير المرئي والحراري، بحيث تنطلق الأشعة الكهرومغناطيسية من الشمس فتنعكس من الأجسام فيستقبلها جهاز الاستشعار.

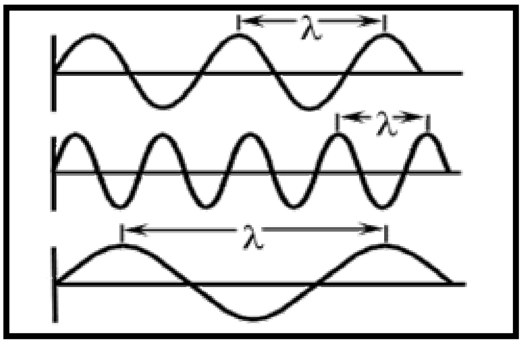
ب. **نظام الاستشعار عن بعد الفاعل (Active)**: وهو النظام الذي يعتمد على المصدر الصناعي لطاقة الكهرومغناطيسية، بحيث يكون جهاز الاستشعار يصدر أشعة كهرومغناطيسية فتنعكس من الأجسام ويستقبلها جهاز الاستشعار مرة أخرى، و هو ما يعرف بالرادار.

وعلى ذلك فإن الطاقة الكهرومغناطيسية هي أساس هذا العلم، وحجر الزاوية فيه. بحيث تعتمد تقنية الاستشعار عن بعد على الطاقة المنعكسة من الأجسام، وهذه الطاقة ممكن أن تكون طاقة الضوء المرئي ( اللون الأحمر، الأخضر والأزرق) أو طاقة حرارية أو أي نوع من الطاقة الكهرومغناطيسية. إذا ما هي الطاقة الكهرومغناطيسية؟.

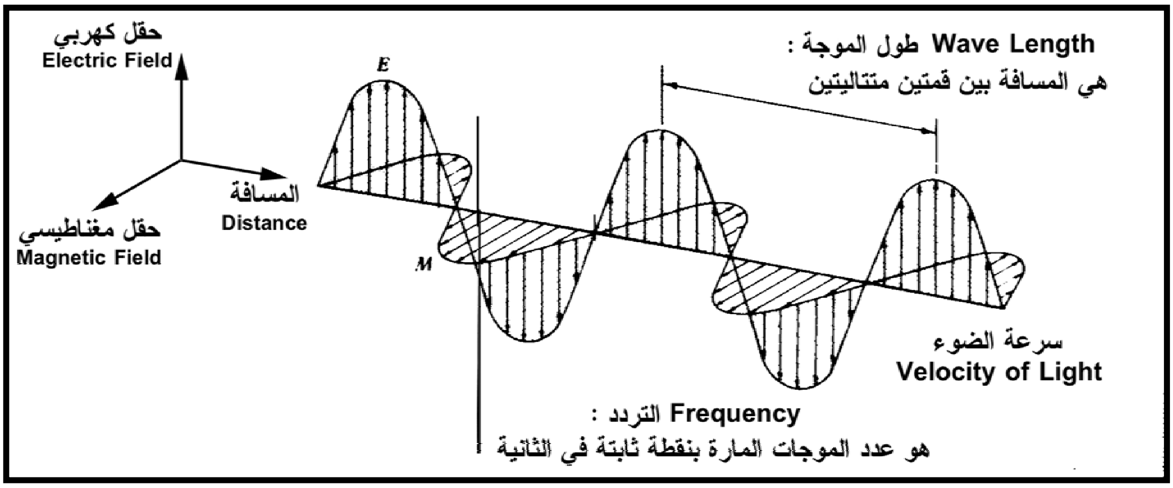
**1 -4 -1 -1 الطاقة الكهرومغناطيسية:**

الأشعة الكهرومغناطيسية أو الطاقة الكهرومغناطيسية هي عبارة عن إشعاع يتألف من حركتين اهتزازيتين متوافقتين تتحركان في مستويين متعامدين مصدر الحركة الأولى حقل كهربائي والأخرى مغناطيسي تشكلان معا حقلا كهرومغناطيسيا (اختصار و دمج لكلمتي كهربائي و مغناطيسي)، وتتحرك الطاقة الكهرومغناطيسية بشكل جيبي (شكل 1 -2) وتسير بسرعة الضوء (سرعة الضوء=300مليون متر في الثانية، أي $3\times10^{8}$ متر في الثانية). ومن خواص هذه الموجات، أنها تنتقل في خطوط مستقيمة في الوسط المتجانس الواحد، وكلما قطعت الموجة الكهرومغناطيسية مسافة أطول كلما ضعفت قوتها. والمسافة بين قميتن في الموجة الكهرومغناطيسية متتاليتين تسمى بطول الموجة (Wave Length $\lambda$) و عدد القمم المارة في نقطة ثابتة في الفضاء في وحدة الزمن (ثانية) بالتردد (Frequency F)، (شكل 1 -3).




شكل (1 -2): مكونات الموجة الكهرومغناطيسية.



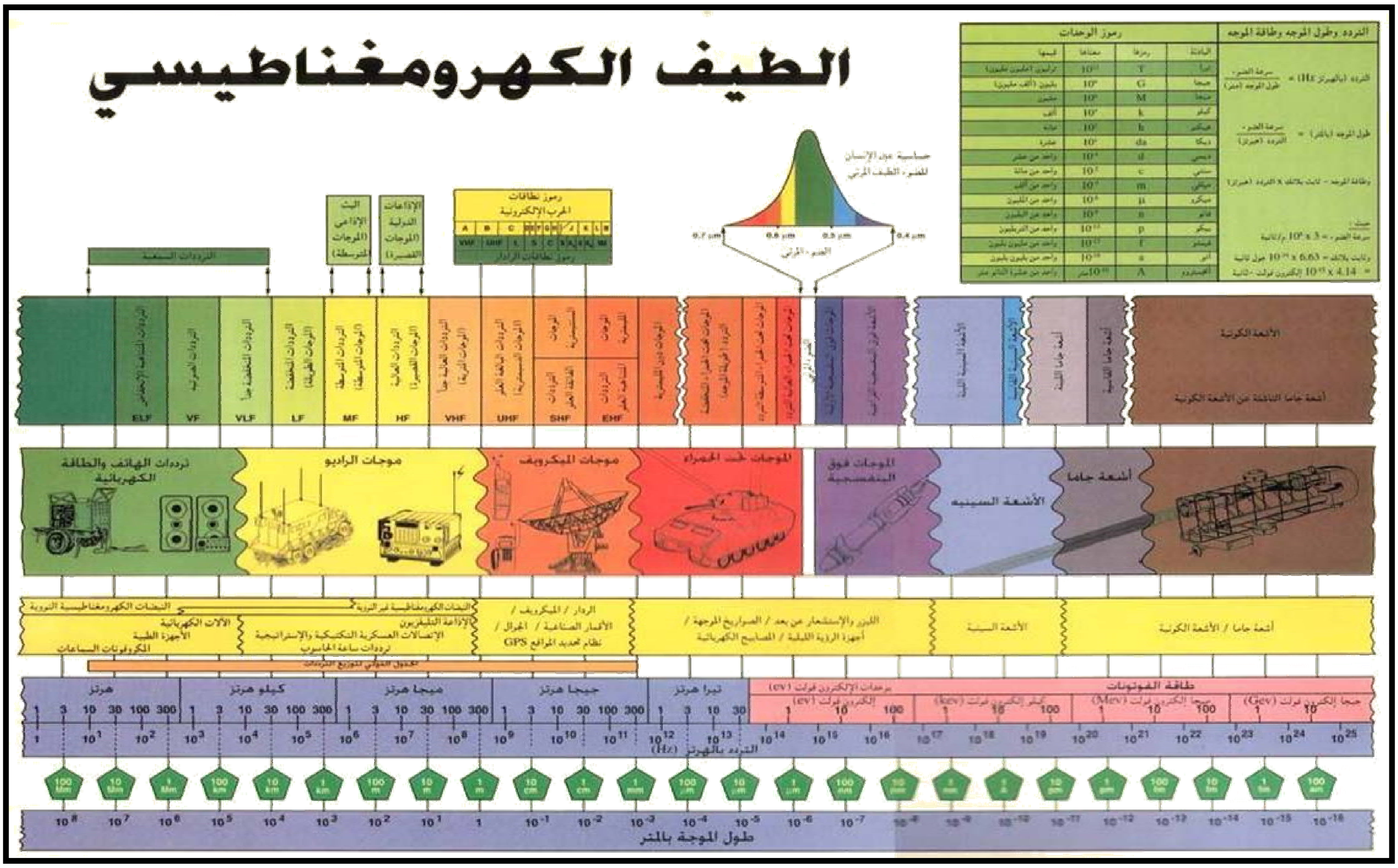

شكل (1 -3): الموجة الكهرومغناطيسية

## 1-4-1-2 الطيف الكهرومغناطيسي:

يستعمل اصطلاح الطيف الكهرومغناطيسي لوصف مجالات الأشعة القصيرة والمتوسطة والطويلة، وقد قسم إلى مجالات طيفية( أو ما يعرف بالنطاقات Bands) متصلة (شكل 1 -4) ومن أهمها:

- الأشعة الكونية.
- أشعة جاما.
- أشعة إكس.
- الأشعة فوق البنفسجية.
- الأشعة المرئية.
- الأشعة تحت الحمراء.
- الأشعة تحت الحمراء الحرارية.
- الموجات القصيرة ( الميكروويف).
- موجات الراديو والتلفزيون.

أما ما يستعمل في الاستشعار عن بعد من هذه المجالات الطيفية فهو الأشعة المرئية والأشعة تحت الحمراء و الأشعة تحت الحمراء الحرارية والأمواج القصيرة.




شكل (1 -4): نطاقات الموجات الكهرومغناطيسية

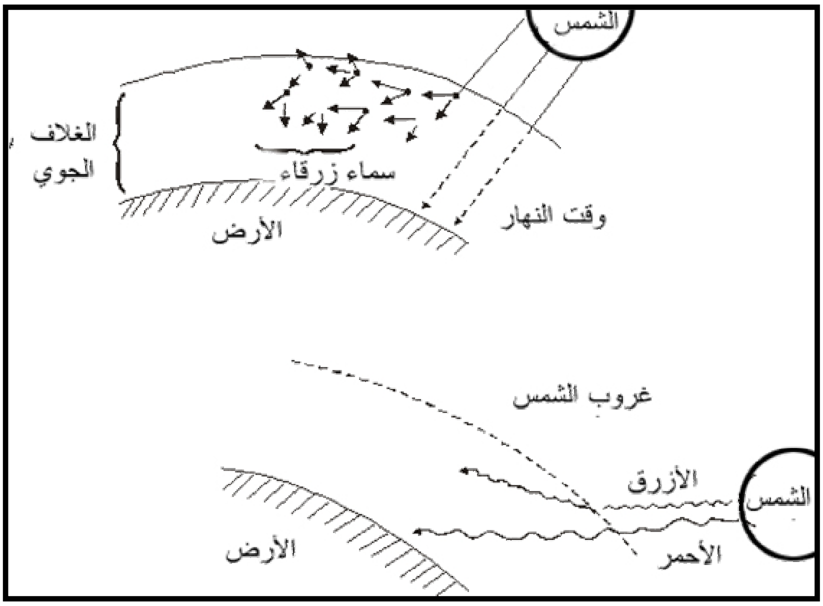
**1 -4 -2 مسار انتقال الأشعة:**

في نظام الاستشعار عن بعد تمر الأشعة الكهرومغناطيسية من المصدر إلى الهدف ومنه إلى جهاز الاستشعار، ويؤثر الغلاف الجوي في انتشار الطاقة بين مصدر هذه الطاقة وبين الهدف وجهاز الاستشعار المحمول على متن الأقمار الصناعية وبالتالي يؤثر في التحليل الطيفي للصور الفضائية، وهناك ثلاث حالات الطاقة عند انتقالها خلال غازات الغلاف الجوي وهي: التشتيت، الامتصاص والنفاذ.

**1 -4 -2 -1** التشتيت:

وهو تناثر للإشعاعات لا يمكن توقعه، يحدث بفعل الجزيئات الموجودة في الجو، وذلك عندما تصطدم الإشعاعات مع جزيئات الجو والجزيئات الصغيرة الأخرى ذات الأقطار الأصغر من أطوال موجات الأشعة المتداخلة، أوضح دليل على ذلك لون السماء الأزرق الناتج من تداخل أشعة الشمس مع جزيئات الجو وتشتت الأشعة الزرقاء الأقل طولاً (الطول الموجي)، بينما يصبح لون السماء مائلا إلى الأحمر أو البرتقالي عند الغروب أوالشروق إذ تنتقل حينها أشعة الشمس ضمن مسار أطول فيحدث تشتت للأشعة ذات الأمواج القصيرة بشكل كامل(شكل 1 -5)، ويظهر لون الأطوال الأقل تشتتا. ويعتبر هذا التشتت من الأسباب الرئيسة لظاهرة الضباب أو السديم التي تظهر في الصور الفضائية وتقلل من وضوح الرؤية والتميز.

وتشتت آخر يحدث عندما تكون أقطار الجزيئات الجوية مساوية لأطوال موجات الطاقة الكهرومغناطيسية التي تصطدم بها، ومن الأسباب الرئيسة لهذا التشتت جزيئات الغبار وبخار الماء العالقة في الجو، ويؤثر هذا التشتت في الموجات الأطول.



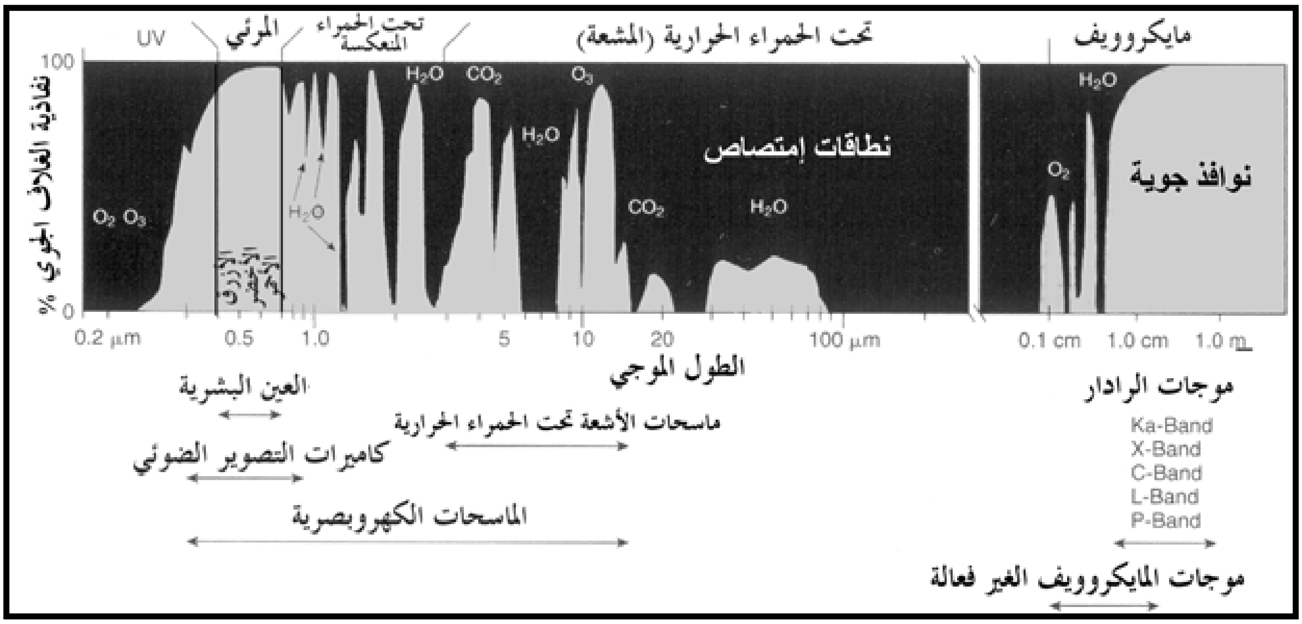

شكل (1 -5): تشتت الأشعة الشمسية

### 1 -4 -2 -2 الامتصاص والنفاذ:

يسبب الامتصاص فقداناً للطاقة عند طول موجة معين ضمن نطاقات تسمى نطاقات الامتصاص، وأكثر المواد امتصاصا للإشعاعات الشمسية بخار الماء وثاني أوكسيد الكربون وغاز الأوزون، كما يسمح الغلاف الجوي بانتقال الطاقة في نطاقات تسمى النوافذ الجوية أو نطاقات النقل الجوي (شكل 1 -6). وبهذا يتحدد المجال الطيفي الذي يمكن استخدامه لأجهزة الاستشعار، ونبين في (الجدول 1 - 2) أهم المجالات الطيفية المستعملة في أجهزة الاستشعار عن بعد وبعض تطبيقاتها.

| طوال الموجة (مايكرو متر) | المجال | الفائدة التطبيقية |
|---|---|---|
| 0.52 – 0.45 | الضوء المرئي (اللون الأزرق) | اختراق الأجسام المائية، رسم خرائط السواحل وتمييز التربة عن النبات والأشجار المتساقطة عن الدائمة الخضرة |
| 0.60 – 0.52 | الضوء المرئي (اللون الأخضر) | قياس انعكاس الغطاء النباتي السليم. |
| 0.69 – 0.63 | الضوء المرئي (اللون الأحمر) | تساعد الحساسية لامتصاص الكلوروفيل في هذا المجال على تمييز النباتات. |
| 0.90 – 0.76 | تحت الحمراء المنعكسة | تقدير الإنتاجية للنبات السليم وتحديد الأجسام المائية. |
| 1.75 – 1.55 | تحت الحمراء المنعكسة | قياس رطوبة الغطاء النباتي والتربة وتمييز الغيوم عن الثلج. |
| 2.35 – 2.08 | تحت الحمراء المنعكسة | الدراسات الجيولوجية وتمييز أنواع الصخور ورسم الخرائط الحرارية للمياه. |
| 10.40 - 12.50 | تحت الحمراء الحرارية | رسم الخرائط الحرارية، قياس رطوبة التربة والإجهاد النباتي. |

جدول(1 -2): بعض المجالات الطيفية المستخدمة في الاستشعار عن بعد.




شكل (1 -6): نطاقات الامتصاص والنوافذ الجوية.

**1 -4 -3 الهدف المرصود:**

يطلق اصطلاح الهدف على جميع العناصر من سطح الأرض التي تضمن مجال رؤية جهاز الاستشعار.ولولا تفاعلات الطاقة الكهرومغناطيسية مع الأهداف لما أمكن مشاهدة أو تحسس هذه الأجسام. فالطاقة لا تتفاعل مع نفسها بل في الحقيقة تسقط من مصدرها على الأجسام فتتفاعل معها، ونحن من خلال أعيننا ومن الأجهزة والنظم الإلكترونية والبصرية الخاصة نتحسس آثار هذا التفاعل، فتتحقق أهداف تقنية الاستشعار عن بعد في استنباط المعلومات والكشف عن هوية هذه الأهداف (مزروعات، أبنية، مياه، طرق، ... الخ).

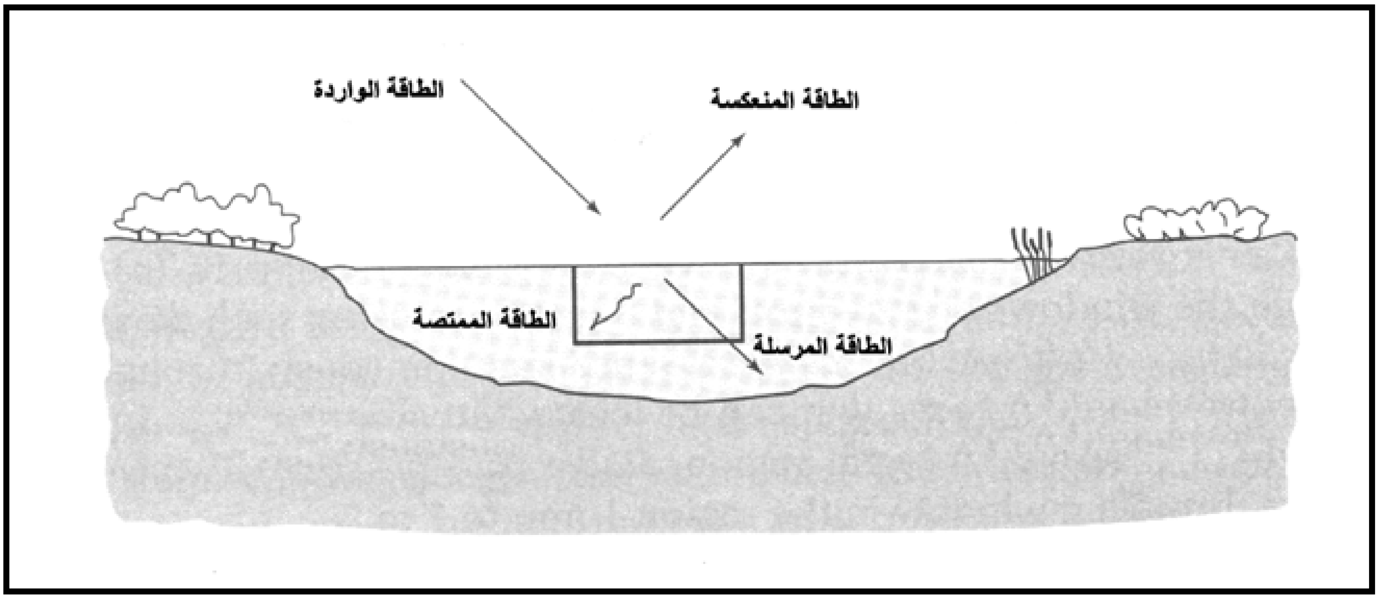
فعندما تسقط الأشعة الكهرومغناطيسية على سطح الهدف، فإن ثلاثة تفاعلات أساسية للطاقة يمكن حدوثها، فالأشعة الواردة إما أن تمتص أو تنفذ من خلال الهدف أو تنعكس (شكل 1 -7). ويلاحظ أن الطاقة المنعكسة أو الممتصة أو النافذة تتغير قيمتها بتغير الأهداف ( نبات، ماء، تربة...)، ولكل هدف خاصية انعكاس للأشعة الواردة إليه تكون مميزة له، وهذا الاختلاف في خاصية الانعكاس هو المهم في تطبيقات الاستشعار عن بعد. وتتأثر الانعكاسات بالعوامل التالية:

أ. طول الموجة الكهرومغناطيسية.

ب. زاوية سقوط الأشعة.

ت. الخواص الفيزيائية والكيميائية للهدف.

ث. تركيب سطح الهدف.

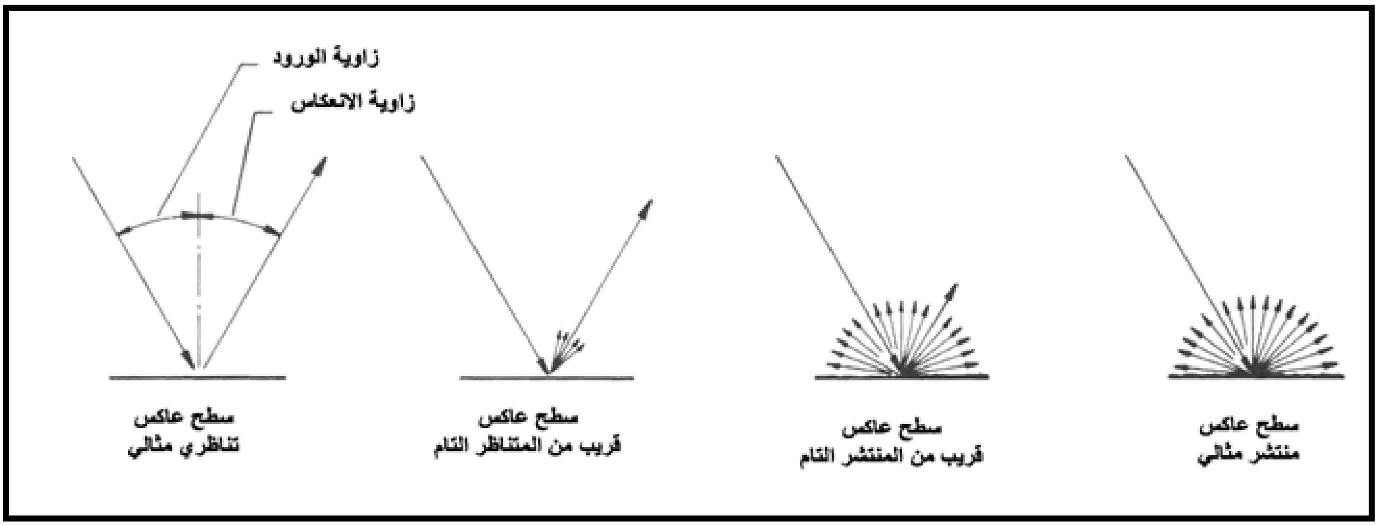



شكل (1 -7): تفاعلات الطاقة الكهرومغناطيسية مع الهدف

واستنادا إلى هذه العوامل يمكن تمييز عدة أشكال من أهمها:

- **الانعكاس التناظري**: ويحدث هذا النوع من الانعكاس عندما يكون السطح العاكس ناعما يعمل كالمرآة في خواصها الانعكاسية، مثل الماء الساكن وبعض أنواع التربة والصخور، وتكون زاوية سقوط الأشعة على سطح الهدف تساوي زاوية الانعكاس (شكل 1 -8). و هذا الانعكاس لا يفيد في الاستشعار عن بعد لأنه يبدو في الصور الفضائية ضوءاً لامعاً وباهراً مما يقلل من إمكانية التمييز بين الأشياء.
- **الانعكاس المنتشر**: تكون العواكس الناشرة المثالية ذات أسطح خشنة تعكس الإشعاعات بشكل متماثل في جميع الاتجاهات، حيث عندما يكون طول موجة الأشعة الواردة أصغر بكثير من تغير ارتفاعات السطح أو حجم الجزيئات المكونة لسطح الهدف فإن هذا الهدف يبدو خشنا ويعمل سطحا ناشراً ويعطي معلومات طيفية لونية مميزة بعكس العواكس البراقة. وهذا النوع من الانعكاس هو المفيد في تطبيقات الاستشعار عن بعد، حيث يمكن

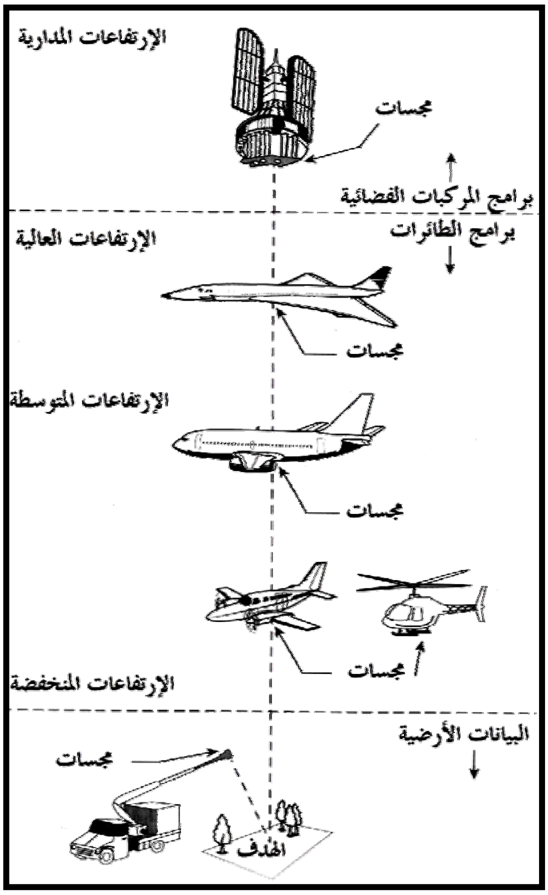
تمييز الأجسام بعضها عن بعض، إلا أنه في الواقع لا توجد عواكس ناشرة مثالية تعكس الأشعة بشكل متناظر تماما (شكل 1 -8).




شكل (1 -8): أشكال انعكاس الأشعة.

### 1 -4 -3 جهاز الاستشعار:

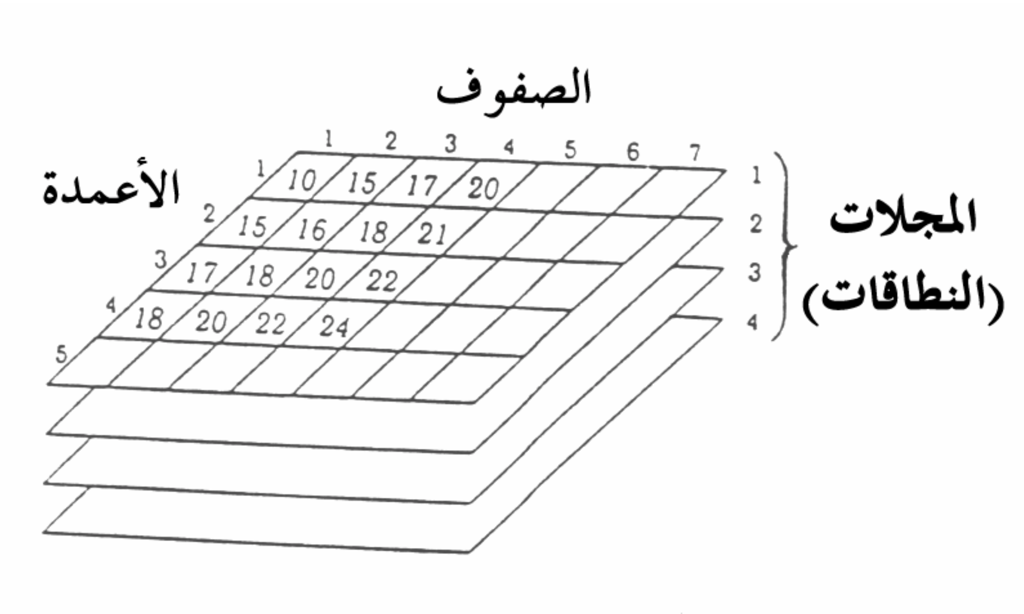
جهاز الاستشعار هو جهاز يستقبل الطاقة المنعكسة والمنبعثة من الأهداف ويسجلها. ويمكن استخدام منصات جمع للمعلومات متفاوتة الارتفاع، كالطائرات والبالونات، أو منصات على متن الأقمار الصناعية أو المركبات المأهولة, وغير المأهولة (شكل 1 -9).




شكل(1 -9): منصات مختلفة الارتفاع تحمل جهاز الاستشعار.

**1 -5 مكونات الصور الرقمية:**

الصورة الرقمية هي عبارة عن مصفوفة من بعدين (س، ص) تحوي عناصر صورية تسمى بكسل (Picture Elements= Pixel)، وكل بكسل هو عبارة عن متوسط الإضاءة أو الامتصاص المقاس إلكترونيا لنفس الموقع على مقياس التدرج الرمادي (Gray Scale) ويعبر عن ذلك برقم يسمى ( العدد الرقمي Digital Number = DN ) وهذه القيم هي أعداد صحيحة موجبة تتولد من تحويل الإشارة الكهربائية الصادرة عن المستشعر إلى أرقام صحيحة موجبة (الشكل 1 -10).




شكل (1 -10): مكونات الصور الرقمية.

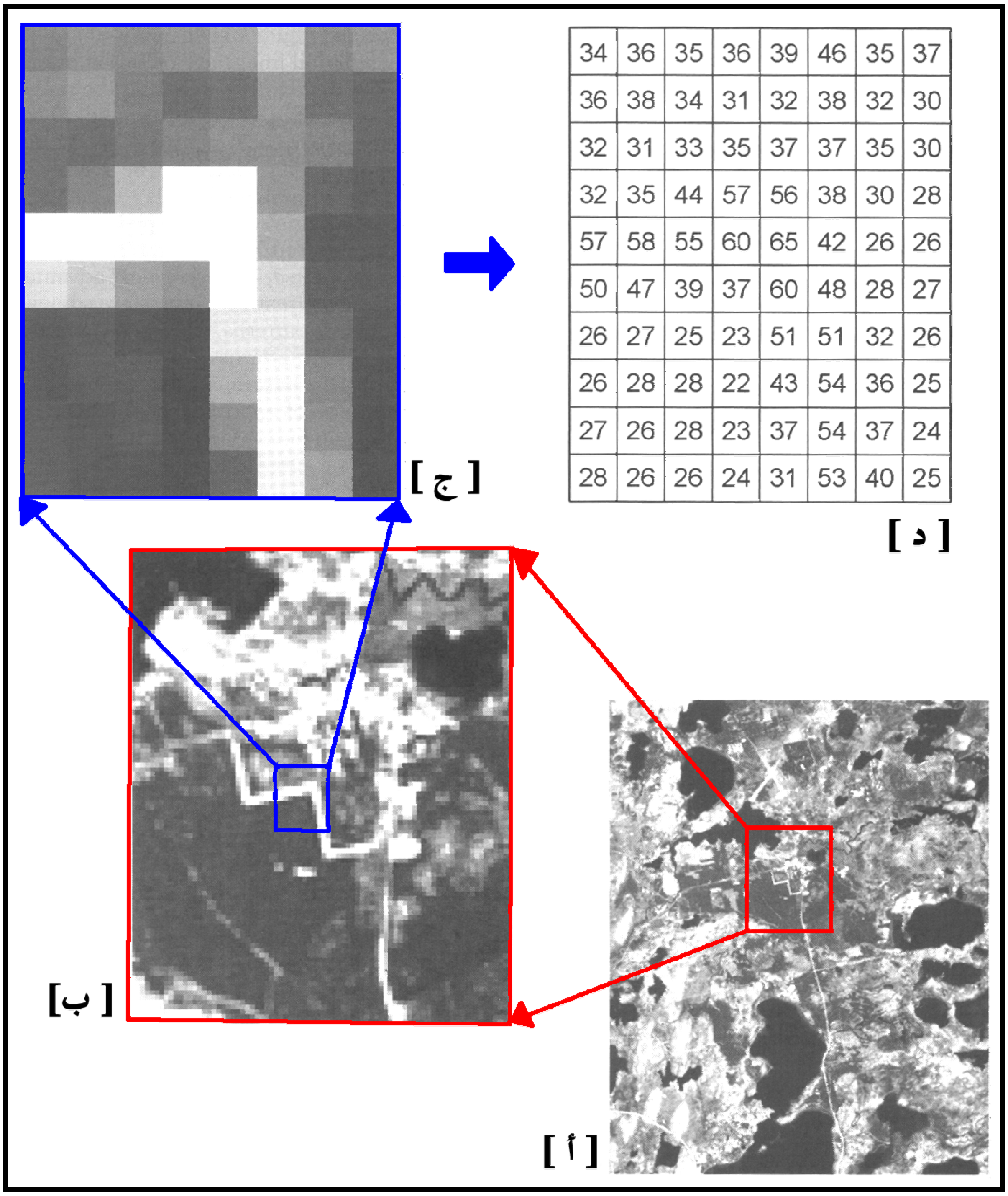
تسجل الأعداد الرقمية (DN) التي تكون الصور الرقمية عادة في مدى أعداد يمتد من صفر إلى 63، أو من صفر إلى 127، أو من صفر إلى 255، أو من صفر إلى 511، أو من صفر إلى 1023، أو من صفر إلى 2047. وتمثل مجالات المدى المذكور مجموعة الأعداد الصحيحة التي يمكن تسجيلها باستخدام مقاييس ترميز حاسوب ثنائية (Binary Computer Coding Scales) ذات 6 و 7 و 8 و 9 و10 و11 بتات على التوالي (أي $2^6$=64، $2^7$=128، $2^9$=512، $2^{10}$=1024، $2^{11}$=2048).

والتدرج الرمادي مقياس لشدة الإضاءة ويعبر عنه بالرقم العددي (Digital Number = DN) كما ذكرنا سابقا، بحيث إن صفر يمثل اللون الأسود وأعلى قيمة تمثل اللون الأبيض (مثل 255 في نظام 8 بت) وما بينهما يكون تدرجات الرمادي (شكل3 -11).




شكل (3 -11): مستويات تدرج الرمادي.

ويبين الشكل (1 -12) مثالاً يوضح الخاصية الأساسية لمعطيات الصورة الرقمية. فبالرغم من أن الصور في (أ) تبدو ذات شدة لونية مستمرة فإنها تتألف في الواقع من بكسل ذات بعدين، ففي الشكل (3 -12 -أ) صور رقمية عبارة عن 500صف في 400 عمود من البكسل وذات مقياس 1:200، 000، إلا أنه من المستحيل تمييز كل بكسل على حدة فيها. ولكن لو أخذنا المنطقة ذات الإطار الأحمر في الصور (أ) و وضحناها أكثر بالتقريب والتكبير ينتج لنا الصور (ب) ذات 100 صف و 80 عمود من البكسل وذات مقياس 1:40، 000، ولازلنا لا نستطيع تمييز كل بكسل على حدة فيها، ولكن نلاحظ وجود تكسرات في الخطوط المستقيمة، فنأخذ المنطقة ذات الإطار الأزرق في الصور (ب) ونوضحها أكثر بالتقريب والتكبير ينتج لنا الصورة (ج) ذات 10 صفوف و 8 أعمدة ومقياس 1:4000، ففي الصور (ج) يمكن أن نميز البكسل بسهولة وهي عبارة عن مربعات لها لون من تدرجات الرمادي، ونعيد هذه البكسل ذات التدرج الرمادي إلى قيمة الأولية (د) ينتج لنا المصفوفة العددية من الأعداد الرقمية التي تتكون منها الصورة الرقمية.




| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 34 | 36 | 35 | 36 | 39 | 46 | 35 | 37 |
| 36 | 38 | 34 | 31 | 32 | 38 | 32 | 30 |
| 32 | 31 | 33 | 35 | 37 | 37 | 35 | 30 |
| 32 | 35 | 44 | 57 | 56 | 38 | 30 | 28 |
| 57 | 58 | 55 | 60 | 65 | 42 | 26 | 26 |
| 50 | 47 | 39 | 37 | 60 | 48 | 28 | 27 |
| 26 | 27 | 25 | 23 | 51 | 51 | 32 | 26 |
| 26 | 28 | 28 | 22 | 43 | 54 | 36 | 25 |
| 27 | 26 | 28 | 23 | 37 | 54 | 37 | 24 |
| 28 | 26 | 26 | 24 | 31 | 53 | 40 | 25 |

شكل (1 -12): مثال توضيحي على مكونات الصورة الرقمية.

المملكـــة العربيـــة الســـعودية
المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

# الاستشعار عن بعد

## مصادر المعلومات في الاستشعار عن بعد



مصادر المعلومات في الاستشعار عن بعد

2

# الوحدة الثانية : مصادر المعلومات في الاستشعار عن بعد

**الجدارة:**

أن يتعرف المتدرب على مصادر معلومات الاستشعار عن بعد.

**الأهداف:**

في هذه الوحدة سنتعرف على مصادر المعلومات في الاستشعار عن بعد وبإذن الله ستكون بنهاية هذه الوحدة:

1 - قادراً على معرفة معنى دقة الصور.

2 -قادراً على معرفة المصادر في الاستشعار عن بعد.

3 -قادراً على معرفة الأقمار الصناعية المستخدمة في الاستشعار عن بعد.

**متطلبات الجدارة:**

ينبغي أن تتشكل لدى المتدرب رؤية واضحة لمصادر المعلومات في الاستشعار عن بعد ودقة الصور.

**مستوى الأداء:**

أن يصل المتدرب إلى نسبة 100٪ في فهم مصادر معلومات الاستشعار عن بعد ودقة الصور.

**الوقت المتوقع للتدريب:**

6 ساعات.

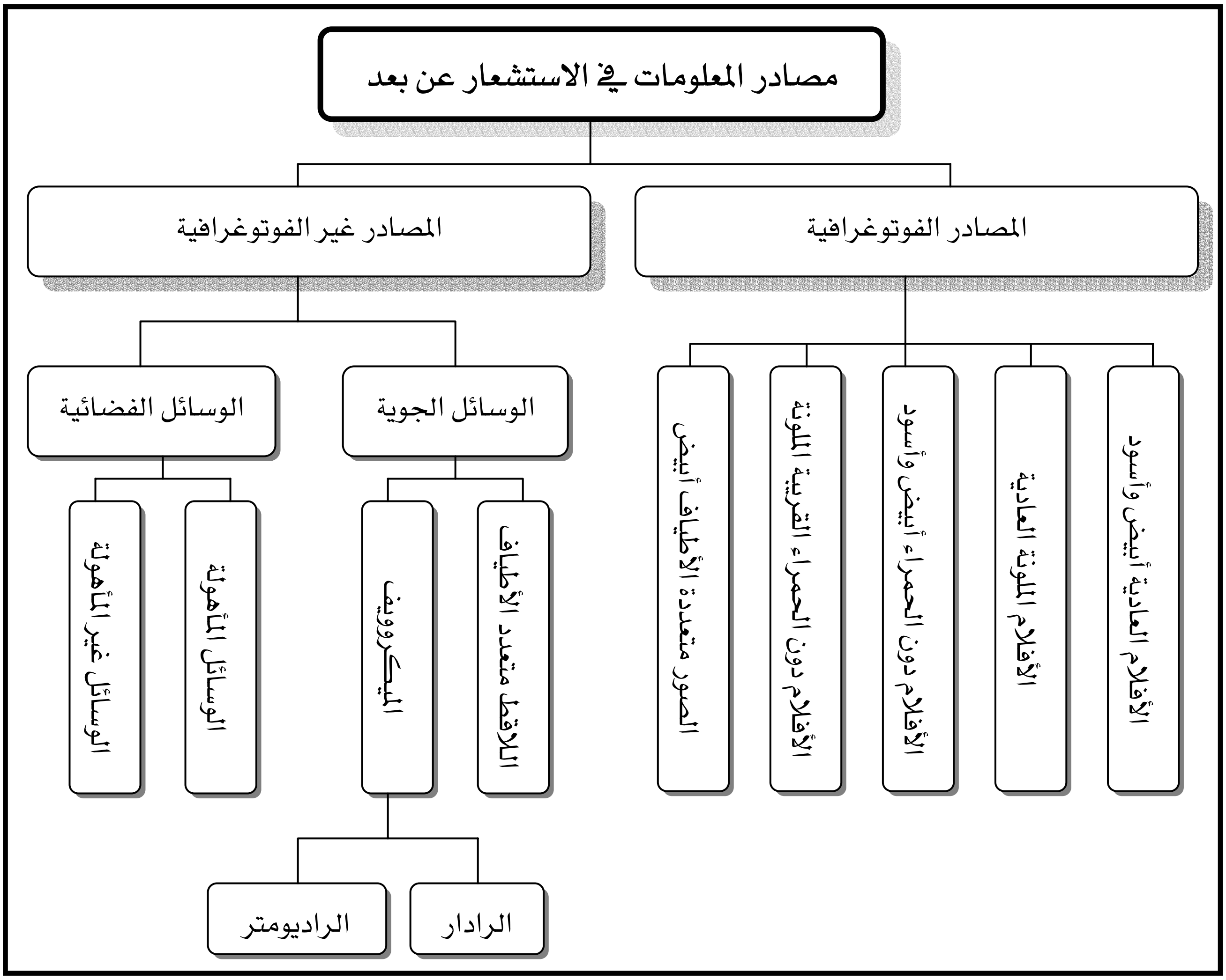
**الوسائل المساعدة:**

1. صور فضائية.
2. جهاز حاسب آلي لغرض عرض الصور.

## مصادر المعلومات في الاستشعار عن بعد

**2 -1 مقدمة :**

يمكن أن نميز اليوم بين مصادر المعلومات في الاستشعار عن بعد على أساس طريقة الاستشعار، حيث نقسم مصادر الاستشعار عن بعد إلى قسمين: الأول المصادر الفوتوغرافية، والثاني المصادر غير الفوتوغرافية (الشكل2 -1).




شكل (2 -1): مصادر المعلومات في الاستشعار عن بعد

**2 -2 المصادر الفوتوغرافية:**

هي التي يتركز استخدامها للاستشعار في الجزء المرئي من الطيف الكهرومغناطيسي والجزء القريب من نطاق الأشعة دون الحمراء، باستخدام الأفلام العادية (أبيض وأسود) أو الملونة. فقد كانت المصادر الفوتوغرافية حتى وقت قريب هي الوسيلة الوحيدة التي يمكن استخدامها للحصول على معلومات جوية، وهي لا تزال تلعب دوراً هاماً ضمن مصادر الاستشعار عن بعد المستخدمة في الوقت الحاضر.

وتجهز آلات الاستشعار الفوتوغرافية بأفلام أبيض وأسود أو ملونة وكلا النوعين يستشعر الأشعة المرئية فقط، أي إنها تسجل الانعكاسات التي تراها العين البشرية. إلا أن ما تستطيع أن تراه العين البشرية مباشرة دون الاستعانة بوسائل أخرى يعتبر جزءاً صغيراً جداً من الطيف الكهرومغناطيسي، حيث إن الطيف المرئي يقع بين (0.4 إلى أقل من 0.8 مايكرو متر) حيث يشمل كلاً من الأشعة البنفسجية، الزرقاء، الحمراء، الصفراء، البرتقالية والخضراء.

رغم أن جميع الأفلام المستخدمة في المصادر الفوتوغرافية يمكن وضعها في فئتين رئيستين هما: الأفلام البانكروماتية الأبيض والأسود، والأفلام الملونة،إلا أننا، ولغرض التوضيح،سنقسم الأفلام المستخدمة في وسائل الاستشعار عن بعد الفوتوغرافية إلى خمسة أنواع (الشكل 2 -1 ):

**2 -2 -1 الأفلام العادية أبيض وأسود:**

وهذه الأفلام تعرف باسم الأفلام البانكروماتية Panchromatic أي أفلام حساسة لجميع ألوان الطيف المرئية في نطاق الموجات مابين 0.39 -0.72 مايكرو متر تقريبا. وهناك نوعان من هذه الأفلام هما:

أ. **فلم الخرائط Mapping Film**: والذي له حساسية لجميع الموجات المرئية.

ب. **فلم التجسس Reconnaissance**: والذي ألغى الحساسية لنطاق الموجات الزرقاء لتقليص تأثير التشتت الجوي.

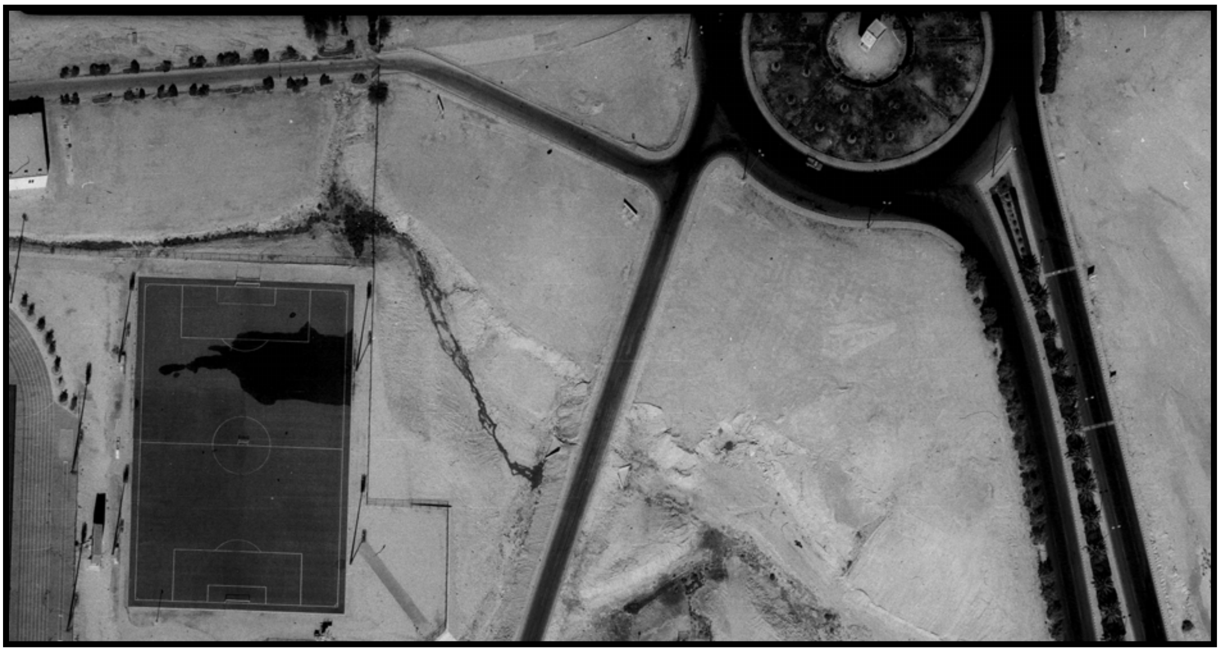
وتمتاز الصور البانكروماتية عن باقي الأنواع الفوتوغرافية بما يلي:

- توفر الصور الجوية الأبيض والأسود في جميع أنحاء العالم، حيث تستخدم بكثرة في إنتاج الخرائط الطبوغرافية، وبالتالي تتوفر للمستخدمين الآخرين عن طريق المؤسسات التجارية وهيئات التخطيط ومراكز التوزيع الأخرى.
- ملاءمتها من الناحية الهندسية لغرض إنتاج الخرائط.

- قلة تكاليفها للتصوير والإنتاج، كما أن تحليها المكاني Spatial Resolution جيد.

وتستخدم الصور البانكروماتية في عدد كبير من العلوم لأغراض كثيرة، منها على سبيل المثال:

- إنتاج الخرائط لمناطق الكثبان الرملية، ورواسب الجليد، والتكوينات الساحلية.
- تحديد أنواع المحاصيل الزراعية، وأمراض النباتات، وتعرية التربة.
- تخطيط المدن، والتخطيط الإقليمي، والدراسات الحضرية المحدودة، مثل الإحصاء السكاني ونمو المدن وامتدادها العمراني (شكل 2 -2 ).



شكل (2 -2 ): دوار وملعب ضمن حرم جامعة الملك سعود بالرياض على الصور البانكروماتية

## 2 -2 -2 الأفلام دون الحمراء أبيض وأسود:

تشبه خصائص الأفلام الحساسة للأشعة دون الحمراء القريبة أبيض وأسود خصائص الأفلام البانكروماتية. والاختلاف الرئيس هو حساسيتها الطيفية التي تمتد أكثر من الموجات المرئية إلى الموجات بطول حوالي 1 مايكرو متر في نطاق الأشعة دون الحمراء القريبة. وهذا الفلم يمكن أن يستخدم بطريقتين:

**الطريقة الأولى:** استخدام مرشح لتسجيل الموجات الحمراء القريبة.

**الطريقة الثانية:** استخدام مرشحات لتسجيل الموجات المرئية ودون الحمراء القريبة.

ومن مميزات هذا النوع من الصور:

- قدرتها على اختراق الضباب Haze.
- يحدث الانعكاس الأكبر من النباتات في نطاق الموجات دون الحمراء مع أن هذا ليس دائماً ميزة.
- أن المياه تمتص الأشعة دون الحمراء، وهذا يؤدي إلى ظهور المياه بلون داكن في الصور الجوية دون الحمراء. لذا فإن هذا النوع من الصور ذو فائدة كبيرة لتحديد مناطق التقاء المياه مع اليابسة.

**الاستخدامات:**

- في دراسات النباتات لتحديد أنواع المحاصيل، والمحاصيل المريضة، وإعداد خرائط الغابات والنباتات شبه الطبيعية.
- دراسة وإعداد خرائط رطوبة التربة في الحقول الزراعية.
- مراقبة زحف الكثبان الرملية الجافة على مناطق التربة الرطبة.
- تحديد مناطق تعرية التربة.
- إعداد خرائط المواقع الأثرية.
- تحديد فروع الأنهار وقنوات المياه والمستنقعات وحدود الشواطئ وغيرها من الأجسام المائية (شكل 2 -3 و 2 -4)



شكل (2 - 3 ): صورة بانكروماتية أبيض وأسود لجزء من مدينة جدة.



شكل (2 - 4 ): صورة حساسة للأشعة دون الحمراء القريبة أبيض وأسود. لجزء من مدينة جدة.

### 2 -2 -3 الأفلام العادية الملونة:

من الأفلام الأخرى المستخدمة في آلة التصوير التقليدية الأفلام الملونة التي تتكون من ثلاث طبقات، كل طبقة حساسة لموجات لون معين وتحتوي على الصبغة الملائمة، وهذه الألوان هي: الأزرق والأخضر والأحمر، والتي يطلق عليها الألوان الرئيسة حيث إن أي لون آخر تراه العين البشرية هو في الواقع خليط من هذه الألوان.

وبما أن الصور الملونة تشبه تماما الصورة التي تراها العين البشرية على الطبيعة، لذا فإن الأفلام الملونة تتفوق من حيث الأهمية على أفلام الأبيض والأسود، وهذا ليس دائماً صحيحاً، حيث إن هناك كثيراً من الاستخدامات تلائمها أفلام الأبيض والأسود أكثر من الأفلام الملونة، كالمساحة الجوية مثلاً، أو عندما تكون التكاليف المالية أساسية في الاختيار، إلا أن الصور الجوية الملونة ذات فائدة كبيرة بشكل خاص عندما تكون هناك صعوبة في التفرقة بين الظاهرات المتشابهة.

الاستخدامات:

- الزراعة: حيث تساعد الألوان على التفريق بين الظاهرات على سطح الأرض، وفي تحديد أنواع المحاصيل، وأنواع الأشجار، وأمراض النباتات، وأنواع التربة.
- الجيولوجيا: حيث اتضح أنها أفضل من الصور الجوية البانكروماتية في إنتاج الصور الجيولوجية.
- الدراسات المائية والبحرية: حيث تستخدم في تحديد أعماق المياه، واتجاهات جريانها، وحدود مناطق الفيضانات، وفي تحديد خطوط السواحل (الشكل 2 -5 )
- الدراسات الأثرية.
- الدراسات الحضرية (المدنية).



شكل (2 -5 ): صورة جوية ملونة عادية لسواحل ميامي.

### 2 -2 -4 الأفلام دون الحمراء القريبة الملونة:

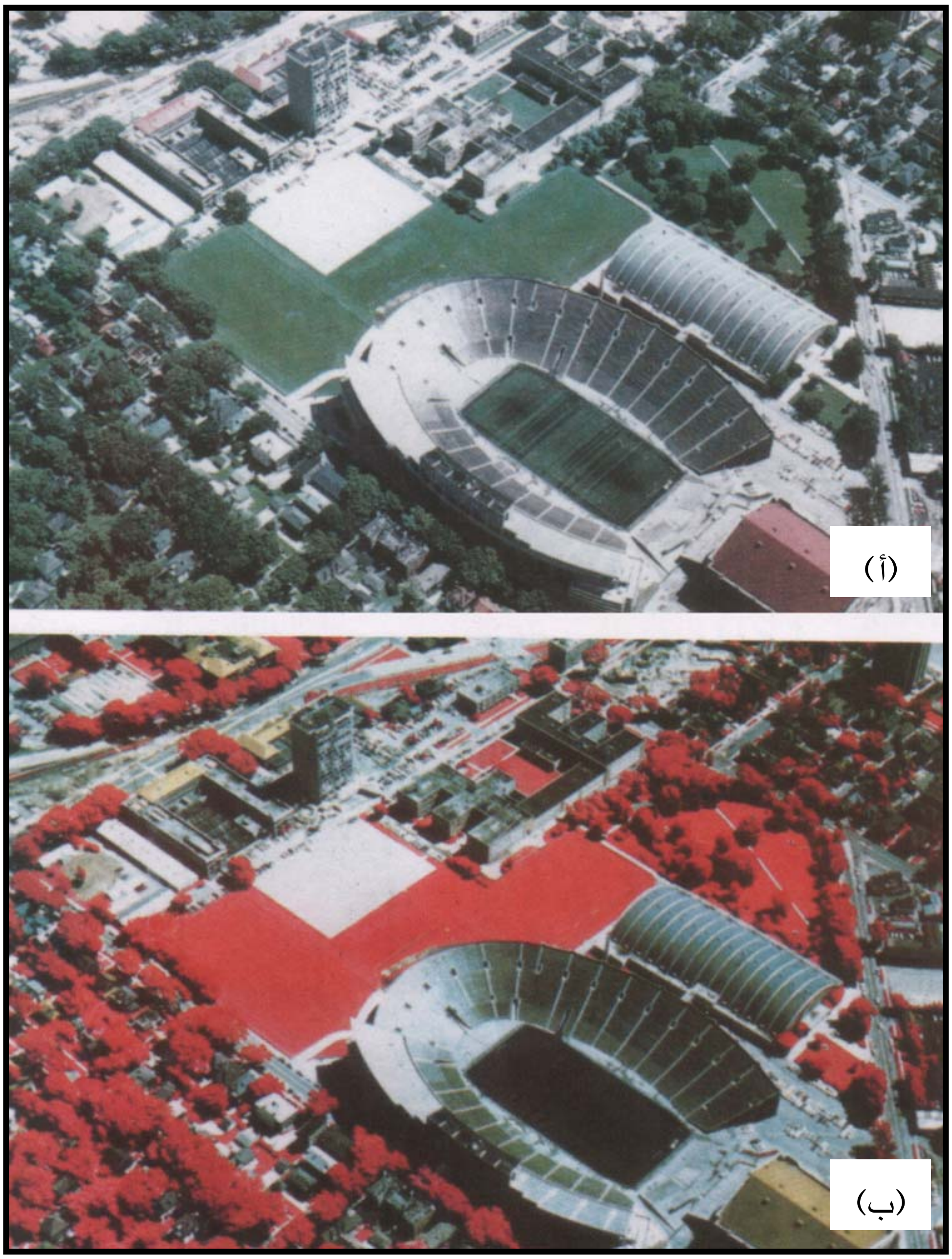
الأفلام دون الحمراء الملونة Color Infrared لها نفس التركيب كالأفلام الملونة العادية حيث إنها تتكون من ثلاث طبقات كل منها حساس لموجات معينة من الأشعة الكهرومغناطيسية، ويكون تسجيل الألوان على الطبقات الثلاث في الأفلام دون الحمراء الملونة كالتالي:

- موجات النطاق الأخضر، تسجل على الطبقة الصفراء.
- موجات النطاق الأحمر، تسجل على الطبقة الأرجوانية.
- موجات نطاق الأشعة دون الحمراء، تسجل على الطبقة الزرقاء الداكنة.

هذه الارتباطات المختلفة في الأفلام دون الحمراء الملونة بين موجات نطاقات الأشعة الكهرومغناطيسية وطبقات الفلم الرئيسة تؤدي إلى تغير في الألوان بحيث تبدو الظاهرات بألوان تختلف عن الألوان الطبيعية التي تراها العين البشرية لهذه الظاهرات على الطبيعة، لذا فإنه يطلق على ألوان هذا الفلم اسم الألوان الكاذبة. فبينما تظهر النباتات الخضراء على الأفلام الملونة العادية، لأنها تعكس الأشعة الخضراء أكثر من الأشعة الزرقاء أو الحمراء، نجدها تظهر حمراء على الأفلام دون الحمراء القريبة الملونة لأنها تعكس الأشعة دون الحمراء القريبة أكثر من الأشعة الخضراء(الشكل 2 - 6 ). وتظهر التربة على الصور الملونة خضراء –حمراء، حيث إنها تعكس أشعة خضراء –حمراء أكثر من الأشعة الزرقاء، أما على الصور الملونة دون الحمراء القريبة فتظهر بلون أزرق – أخضر.

**الاستخدامات:**

- اكتشاف أمراض النباتات والمناطق الموبوءة والتي تظهر بلون مختلف عن مناطق النباتات غير المصابة.
- مراقبة رطوبة التربة، وإعداد خرائط لها.
- تحديد المناطق المتأثرة بالفيضانات.
- دراسة وتصنيف المناطق الحضرية.
- تحديد نظام المياه الكثيفة حيث تظهر بلون داكن جدا على الصور دون الحمراء بسبب امتصاص الماء لهذه الأشعة.




شكل (2 - 6 ): (أ) صورة ملونة عادية تظهر فيها النباتات بلون أخضر
(ب) صورة الحساسة دون الحمراء القريبة وتظهر النباتات بلون أحمر.

| الظاهرة | التوقيع على الصورة الجوية العادية | التوقيع على الصورة الجوية تحت الحمراء |
|---|---|---|
| **النبات الجيد** | | |
| أوراق عريضة | اخضر | احمر إلى أرجواني |
| أوراق إبرية | اخضر | بني مائل إلى الحمرة – بنفسجي |
| **النبات المريض** | | |
| الرؤية المسبقة | اخضر | احمر داكن |
| مرحلة الرؤية العادية | اخضر مائل إلى الصفرة | ازرق داكن |
| **أوراق الخريف** | احمر إلى اصفر | اصفر إلى ابيض |
| **المياه الصافية** | ازرق - اخضر | ازرق غامق إلى اسود |
| **المياه العكرة** | اخضر فاتح | ازرق فاتح |
| **الأراضي الرطبة** | داكن قليلا | ألوان داكنة |
| **الظلال** | ازرق مع وضوح التفاصيل | اسود مع تفاصيل قليلة |
| **قابلية اختراق المياه** | جيدة | النطاق الأخضر والأحمر جيد ودون الحمراء ضعيف |
| **التفريق بين اليابس والماء** | ضعيفة إلى متوسطة | ممتاز |

الجدول (2 - 1): مقارنة بين الصور الملونة العادية والملونة دون الحمراء.

### 2 -2 -5 الصور متعددة الأطياف **Multispectral**:

ويقصد بذلك استخدام عدة آلات تصوير موجهة لنفس الظاهرة أو المشهد. وقد تحمل آلات التصوير نفس الفلم الأبيض والأسود الحساس للأشعة دون الحمراء، كما أنه بالإمكان الاعتماد على أكثر من نوع من الأفلام في آلات التصوير لتعطي صوراً متنوعة في هذه النطاقات، كالأفلام البانكروماتية، ودون الحمراء القريبة الملونة.

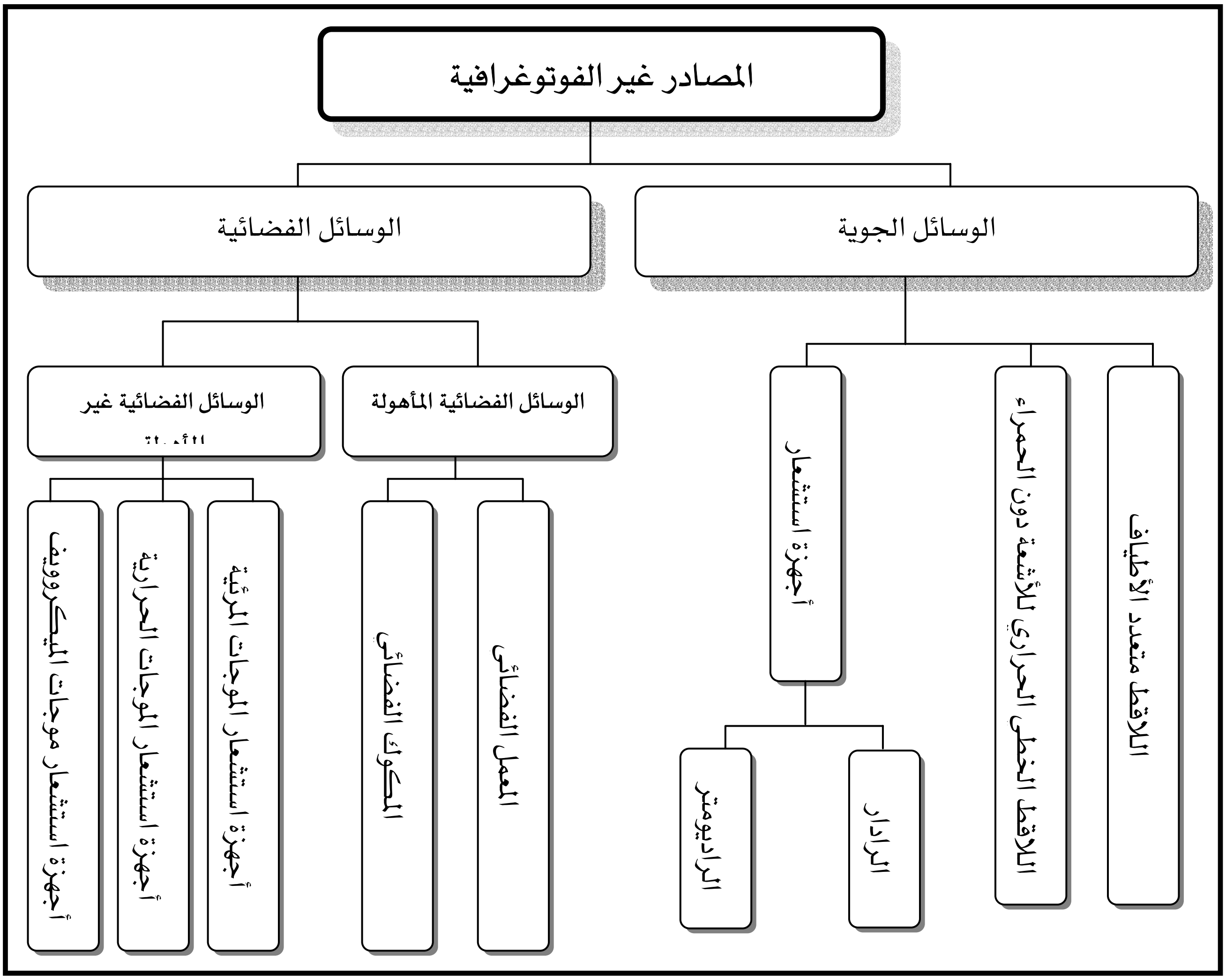
**الاستخدامات:**

- تحديد أنواع المحاصيل.
- دراسة فائض المجاري.
- بعض الاستكشافات المعدنية.

## 2 -3 المصادر غير الفوتوغرافية:

رأينا في الدرس السابق أن المصادر الفوتوغرافية تستطيع استشعار جزء صغير من الطيف الكهرومغناطيسي، والذي ينحصر في نطاق الأشعة المرئية ونطاق الأشعة دون الحمراء القريب. ولكي نستشعر بقية أقسام الطيف الكهرومغناطيسي نحتاج إلى أجهزة استشعار أخرى، لأن زجاج العدسات المستخدم في الاستشعار الفوتوغرافي يمتص الأشعة طويلة الموجات، كما أن الأفلام المتوفرة حساسة للأشعة المرئية دون الحمراء القريبة فقط.

مصادر الاستشعار غير الفوتوغرافية هي التي تستخدم في استشعار الأشعة المرئية وغير المرئية، وتختلف وسائل الاستشعار غير الفوتوغرافية تبعا لنوع الوسيلة التي تحملها، كالطائرات أو الأقمار الصناعية. وبصورة عامة يمكن أن تقسم الوسائل غير الفوتوغرافية حسب وسيلة الحمل إلى قسمين هما: الوسائل الجوية و الوسائل الفضائية (الشكل 2 - 7 ).




شكل ( 2 - 7 ): وسائل الاستشعار غير الفوتوغرافية بحسب وسيلة الحمل

**2 -3 -1الوسائل الجوية:**

يقصد بذلك وسائل الاستشعار عن بعد التي تحملها الطائرات العادية والتي لا تصل إلى ارتفاعات كبيرة فوق سطح الأرض، حيث تقوم بتسجيل مناظر لسطح الأرض باستخدام الأشعة الكهرومغناطيسية المنعكسة أو المنبعثة من السطح. وأهم هذه الوسائل هي: اللاقط متعدد الأطياف وهو يستشعر موجات أقصر من 14 مايكرو متر، والرادار وهو يسجل موجات أطول من 5 ملم والراديومتر.

**2 -3 -1 -1 اللاقط متعدد الأطياف:**

يعتبر اللاقط متعدد الأطياف غير مألوف نسبيا كوسيلة للحصول على مناظر عن سطح الأرض وقد يبدو ذلك غريبا، خصوصا إذا أدركنا مميزات هذا النوع من أجهزة الاستشعار الذي يتفوق على الصور الفوتوغرافية بما يلي:

- يعطي دقة تمييزية إشعاعية (Radiometric Resolution) عالية في نطاقات ضيقة من الموجات الكهرومغناطيسية، وفي وقت واحد.
- اتساع نطاقات الاستشعار التي تعمل فيها هذه الأجهزة، حيث تمتد من نطاق الأشعة فوق البنفسجية ( 0.3ميكرومتر) إلى نطاق الأشعة دون الحمراء الحراري (14.0 مايكرو متر).
- إمكانية تخزين المعلومات على هيئة ورقية، واستخدامها بسهولة ومباشرة في عمليات التحليل الكمي.

**2 -3 -1 -2 اللاقط الخطي الحراري للأشعة دون الحمراء:**

يتركز الاستشعار عن بعد غير الفوتوغرافي في نطاق الأشعة دون الحمراء في نطاقات الموجات ذات الأطوال ما بين 3.0 - 14.0ميكرومتر. والاستشعار في هذه النطاقات يبحث عن تحديد الاختلافات في الإشعاع الحراري المنبعث باستخدام نطاقات الأشعة دون الحمراء المتوسطة والبعيدة، والتي يطلق عليهما معا النطاق الحراري للأشعة دون الحمراء (Thermal Infrared).

**2 -3 -1 -3 أجهزة استشعار الميكروويف:**

يشمل نطاق المايكروويف الموجات ما بين 1ملم إلى عدة أمتار. ومن أكثر الأجهزة استخداما الرادار والراديومتر. ويستشعر الراديومتر الأشعة الطبيعية المنبعثة من الأجسام، بينما يقوم الرادار بتوليد الطاقة التي يستشعرها، لذا يطلق على الرادار (نظام فعال Active System)، بينما الراديومتر وأجهزة الاستشعار الأخرى يطلق عليها (غير فعالة أو سلبية Passive System).

أ. الرادار:

إن لفظ الرادار جاء من (Radio Detection And Ranging = Radar) تم تطويره للأغراض العسكرية وذلك لعدم ارتباطه بضوء الشمس أو تأثره بأحوال الطقس مما جعله وسيلة جيدة للتجسس والاستكشاف. ويتكون الرادار من مولد إشارة و مستلم إشارة ومستكشف ، حيث يقوم المولد بتوليد إشارة، ويقوم جهاز الاستلام بتقوية الإشارات قبل إرسالها إلى جهاز الاستكشاف(شكل 2 -8).

الاستخدامات:

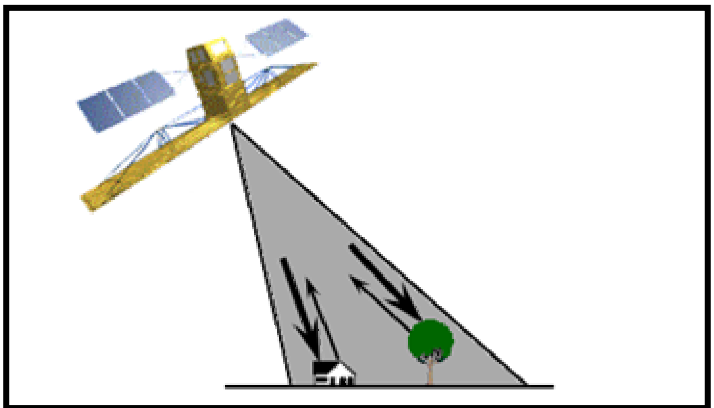
- دراسة المناطق الاستوائية المغطاة بالسحب طوال أيام السنة.
- دراسة التضاريس.
- دراسة الأمطار، وذلك باستخدام الأشعة الأقصر.
- التفريق بين أنواع النباتات.
- استكشاف ما تحت سطح الأرض، وذلك باستخدام الموجات الأطول.

ب. الراديومتر:

يقيس الراديومتر كمية الطاقة في المشهد الذي يستشعره في نطاق الموجات الطويلة من الأشعة الكهرومغناطيسية. فهو بعكس الرادار حيث يعتمد على الأشعة الطبيعية. لقد أثبت الراديومتر أهميته من الدراسات و التطبيقات المناخية والبحرية كما أنه مثل الرادار حساس لرطوبة التربة والجليد.

الاستخدامات:

- دراسة التغيرات الفصلية للجليد في القطب.
- دراسة الطقس والمناخ.



شكل (2 -8):عملية الاستشعار في نظام الرادار

**2 -3 -2الوسائل الفضائية:**

لقد تطور استخدام الوسائل الفضائية في الاستشعار عن بعد لدراسة الموارد الأرضية خلال العقدين الماضيين من مرحلة التطبيق العملي لحل كثير من المشكلات اليومية التي تواجه البشرية، بشكل لم يكن متوقعا أن يتم في هذه المدة الزمنية القصيرة.

ويتركز استخدام الوسائل الفضائية في ثلاثة مجالات رئيسة وهي:

- دراسة موارد سطح الأرض.
- دراسة ومراقبة الطقس والمناخ.
- الاستخدامات العسكرية.

والوسائل الفضائية التي تستشعر الموارد الأرضية يمكن أن تكون مأهولة أو غير مأهولة.

**2 -3 -2 -1 الوسائل الفضائية المأهولة:**

وتشمل سفن الفضاء التي تحمل رجال الفضاء وأجهزة فوتوغرافية وتقوم بالتقاط صور ومناظر لسطح الأرض. وتتميز بكونها ذات مهام محددة وقصيرة جدا. ويتم تفسير صور ومناظر الوسائل الفضائية المأهولة باستخدام وسائل التفسير الفوتوغرافية.

**2 -3 -2 -2 الوسائل الفضائية غير المأهولة:**

تحمل الوسائل الفضائية غير المأهولة أربع مجموعات من أجهزة الاستشعار: المجموعة الأولى والثانية تتكونان من أجهزة استشعار تسجل الموجات المرئية و القريبة من المرئية، والمجموعة الثالثة تتكون من أجهزة استشعار تسجل الموجات الحرارية في الأشعة دون الحمراء، والمجموعة الرابعة تتكون من أجهزة تسجل أشعة الميكروويف. وهنا نشير إلى أن الوسائل الفضائية التي تستشعر أحوال الطقس والمناخ جميعها غير مأهولة وتحمل أجهزة استشعار ذات دقة مكانية منخفضة ولها دورة قصيرة جدا قد تصل إلى أقل من يوم. ومن الوسائل الفضائية غير المأهولة المستخدمة حاليا وبكثرة هي الأقمار الصناعية التي تدور في مدارات محددة وبشكل منتظم، وسوف نتطرق إن شاء الله لأهم الأقمار الصناعية الحالية بشيء من التفصيل خلال هذه الوحدة .

## 2 -4 بعض مصطلحات الأقمار الصناعية:

قبل أن نذكر الأقمار الاصطناعية ونتكلم عنها لا بد أن نعرف بعض المصطلحات المستخدمة في وصف هذه الأقمار.

### 2 -4 -1 الدقة التمييزية (Resolution):

الدقة التمييزية ( أو قدرة التمييز) عبارة تعني قدرة النظام البصري لجهاز التحسس على التمييز بين الأجسام المتشابهة بعدياً أو طيفيا، وعلى ضوء ذلك هنالك أربعة أنواع من الدقة التمييزية، وهي:

1. الدقة التمييزية الطيفية (Spectral Resolution):

وهي تعني مدى وعدد أطوال الموجات في الطيف الكهرومغناطيسي التي يمكن لجهاز الاستشعار عن بعد أن يتحسسها. كمثال فإن الدقة التمييزية للفلم البانكروماتي (أبيض وأسود) تقع في المدى 0.4 إلى 0.7 مايكرو متر حيث يسجل جهاز التحسس كل الضوء المنعكس بواسطة الأجسام.

2. الدقة التمييزية المكانية (Spatial Resolution):

وهي أصغر مسافة على الأرض يمكن الاستشعار عن بعد أن يميز بها جسمين متجاورين، وتسمى أيضا بالتحليل المكاني. فمثلا جهاز الاستشعار الموجود في القمر الصناعي(IKONOS) يمكن أن يميز الأجسام على الأرض على مسافة 1 متر، وهذا الرقم هو نفسه البعد المربع للمسقط الآني لمجال رؤية جهاز الاستشعار(شكل 2 -9 و 2 -10).

3. الدقة التمييزية الإشعاعية (Radiometric Resolution):

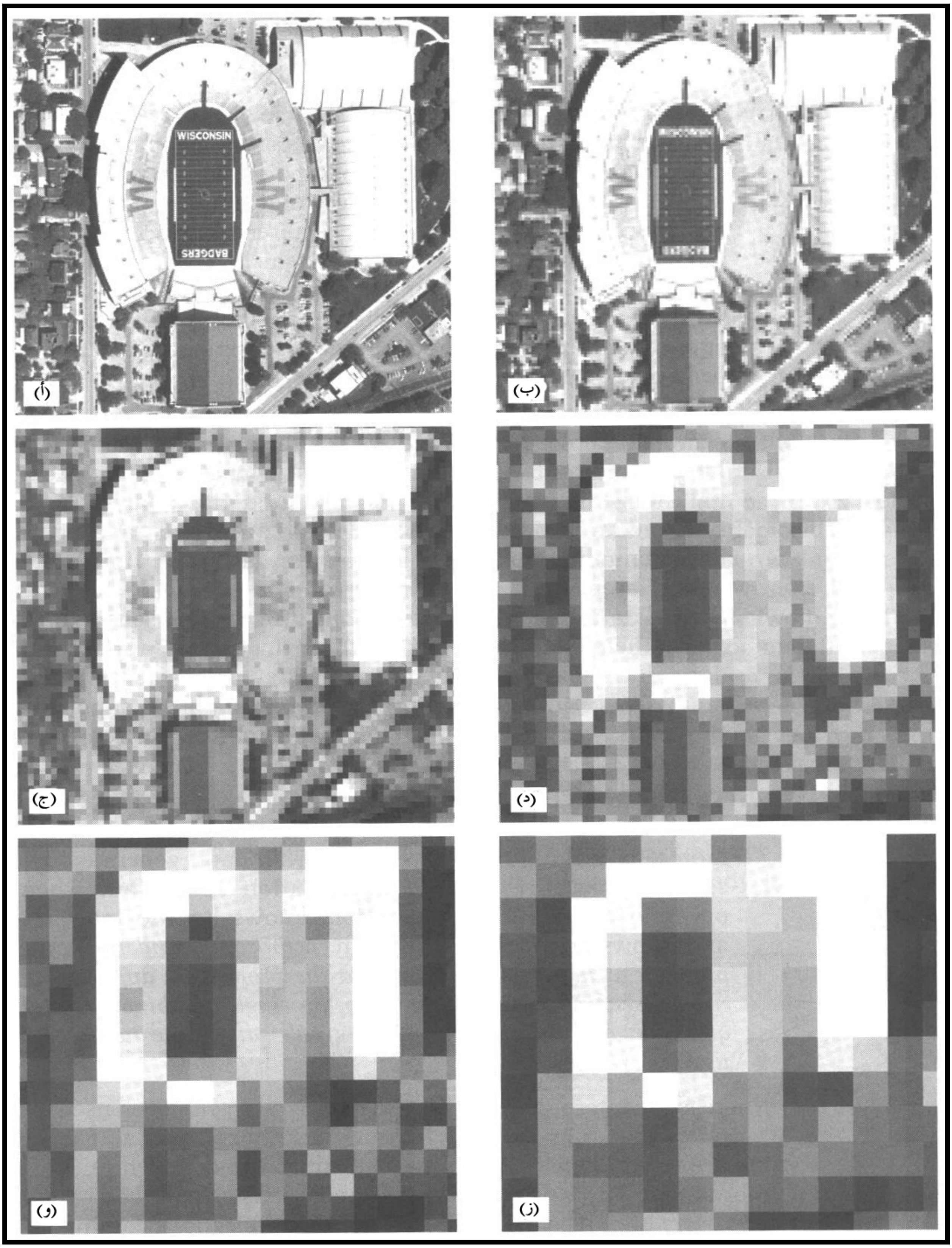
وهي مقياس لحساسية الكاشف للاختلاف التي تحدث في قوة الإشارة الكهرومغناطيسية أثناء تسجيلها للأشعة المنعكسة من الأرض. فمثلا جهاز الاستشعار متعدد الأطياف في القمر لاندسات5 يمكنه تسجيل الأشعة المنعكسة في 6 بت (6 bit)، أي في $2^6$=64 مستوى من تدرج الرمادي (Gray Scale)(الشكل 2 -11).

### 4. الدقة التمييزية الزمنية(Temporal Resolution):

هي تعني المدة الزمنية التي يأخذها جهاز التحسس ليغطي نفس المنطقة، وهي ذات أهمية كبيرة في مراقبة التغيرات الفيزيائية التي تحدث لمنطقة معينة في فترات زمنية متتالية مثل التدهور البيئي، ورصد الكوارث. كمثال على ذلك القمر الصناعي لاندسات5 يمكن أن يصور نفس المكان بعد 16 يوم من التصوير الأول.




شكل (2 -9): الفرق بين المعلومات المستفادة من الصور ذات الدقة العالية.



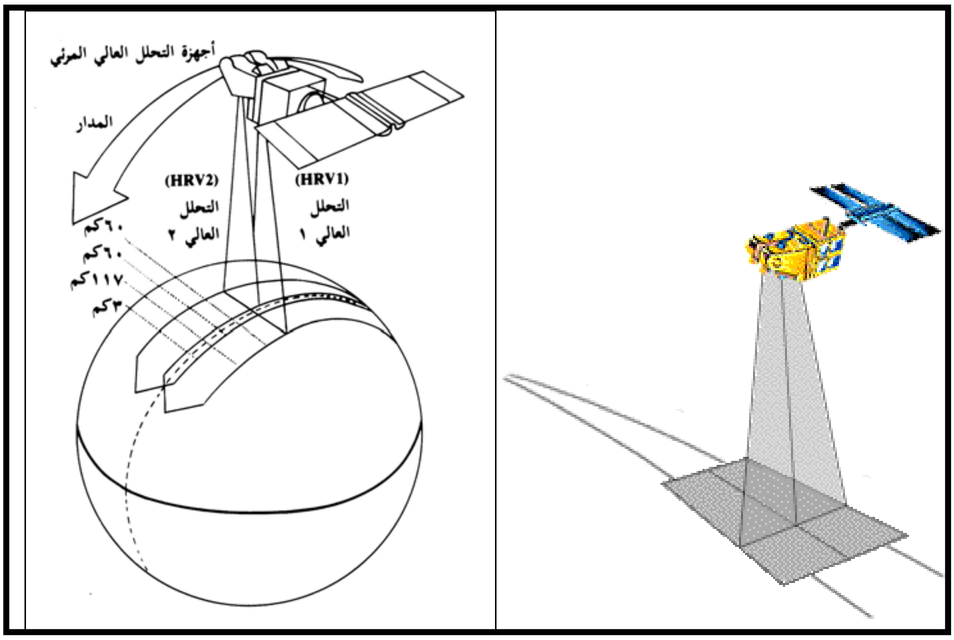

شكل (2 -10): صورة لأستاذ رياضي بدقة تمييزية مكانية
(أ)1متر، (ب)2.5متر، (ج)5متر، (د)10متر، (و)20متر، (ز)30متر.




شكل (2 -11): الدقة التمييزية الإشعاعية تعني كم مستوى من تدرج الرمادي (Gray Scale).

## 2 -4 -2 التغطية المكانية:

مساحة التغطية الممكنة التي يغطيها المنظر الواحد. مثلا في القمر الصناعي(IKONOS) 13×13 كيلومتر في المنظر الواحد. وهذه الميزة تؤثر بشكل كبير في حساب التكلفة المادية (الشكل2 -12).



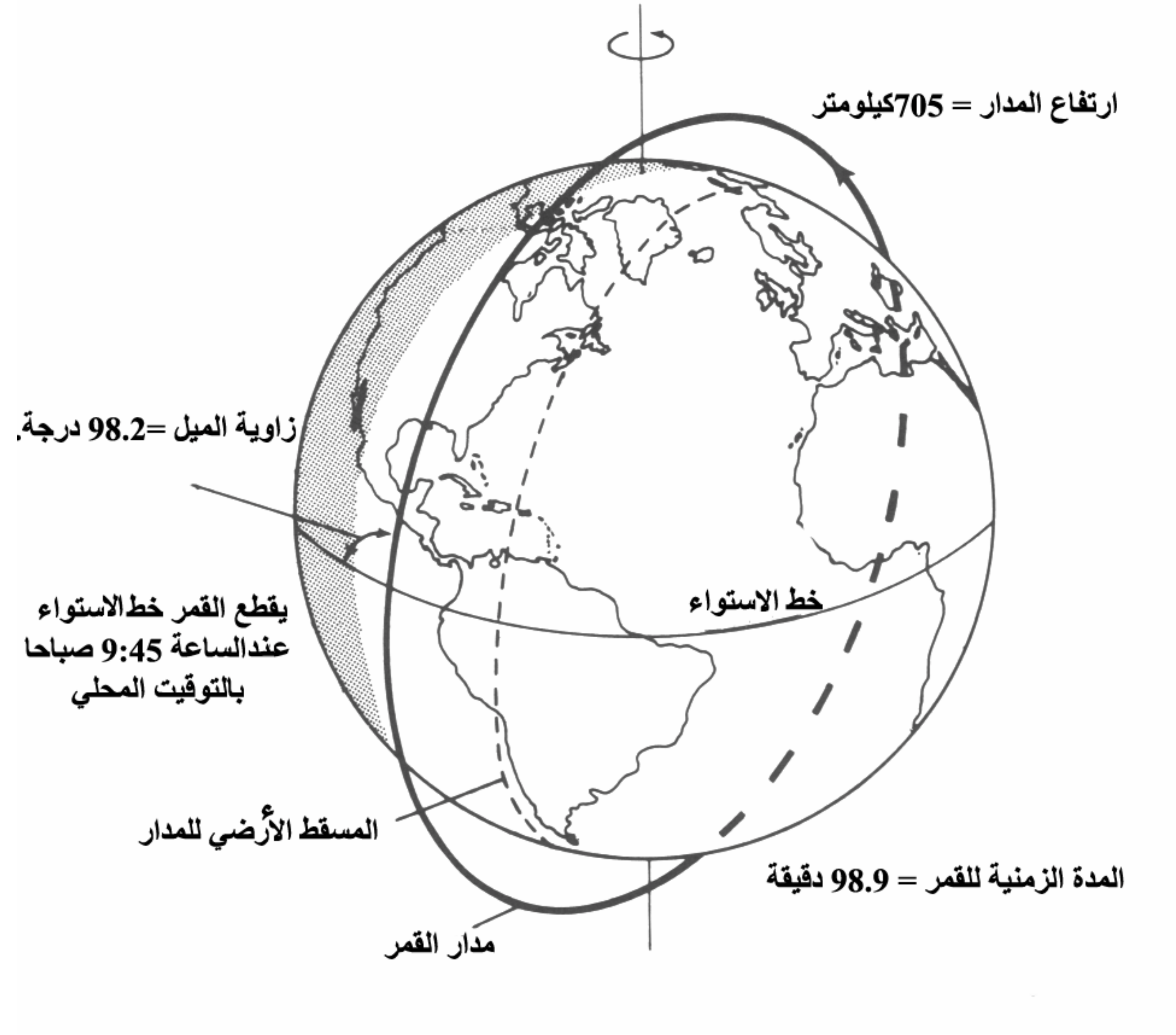

شكل (2 -12): التغطية المكانية للقمر الفرنسي SPOT

مساران كل مسار 60 كيلو متر بتداخل 3 كيلومتر

**2 -4 -3** مدارات الأقمار الصناعية:

تدور الأقمار الصناعية حول الكرة الأرضية في مدارات ثابتة ومحسوبة بدقة, وتكون هذه المدارات متزامنة مع الشمس لتتمكن من التصوير المرئي باستخدام أشعة الشمس المنعكسة من الأجسام (حسب نوع القمر)، ويمكن تحديد هذه المدارات بأربع معلومات ( الشكل 2 -13) وهي:

1. ميل المدار عن خط الاستواء بزاوية تسمى زاوية الميل (Inclination).
2. ارتفاع المدار عن سطح الأرض ويسمى (Altitude).
3. المدة الزمنية لإكمال الدورة الكاملة على الأرض وتسمى (Period) أو (Orbit Time).
4. وقت عبور خط الاستواء (Equatorial Crossing Time).




شكل (1 -13): مثال على عناصر المدار للقمر الصناعي لاندسات 7.

**2 -4 -4 صحة الضبط (Accuracy):**

درجة الاقتراب من القيمة الحقيقية (True or Exact Value) هو ما يطلق عليها الضبط. فمثلا صورة القمر الصناعي لاندسات 7، صحة الضبط فيها 250 متر بدون استخدام التصحيح الهندسي. وهذا يعني أن أي معلم موجود على هذه الصورة يقع في دائرة نصف قطرها 250 متر من الموقع الفعلي لنفس المعلم. ولذا فإن معرفة صحة الضبط لأي صورة مفيد جدا ومهم للاستفادة من المعلومات التي تحتويها. وسوف نتعلم بإذن الله كيف نصحح أو نزيل هذا الخطأ في الوحدة الثالثة.

**2 -5 الأقمار الصناعية (Satellite):**

تعتبر الأقمار الصناعية هي الوسيلة الأكثر استخداما في علم الاستشعار عن بعد هذه الأيام، وذلك يرجع لعدة أسباب من أهمها:

1 - توفير معلومات لمعظم أجزاء الأرض.
2 - عدم وجود قيود سياسية.
3 - الانخفاض النسبي لتكاليف الحصول على بيانات مقارنة بالوسائل الجوية.
4 - التكرار الزمني لاستشعار أي منطقة على سطح الأرض.
5 - إمكانية الحصول على المعلومات مباشرة أثناء التصوير.
6 - إمكانية الحصول على المعلومات على شكل صور رقمية مباشرة.

ويمكن تصنيف الأقمار الصناعية من حيث الدقة التمييزية المكانية إلى ثلاثة أقسام هي:

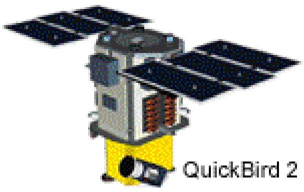
1. **أقمار ذات دقة مكانية عالية**، وأكثر استخداماتها في التخطيط الحضري أو عمليات التجسس أو الأهداف العسكرية، مثل قمر QuickBird بدقة بعدية 61 سم.
2. **أقمار ذات دقة مكانية متوسطة**، وأكثر استخداماتها في التطبيقات البيئية، الريفية والزراعية، و التخطيط الإقليمي، مثل قمر Landsat-7 بدقة مكانية 30 متر.
3. **أقمار ذات دقة مكانية منخفضة**، وأكثر استخداماتها في رصد الأحوال الجوية وتطبيقات الطقس، مثل قمر NOAA-17 بدقة مكانية 1 كيلومتر.

و لا يمكننا حصر الكم الهائل من التطور الملحوظ و المتصارع في هذه التقنية، لذلك سوف نتطرق إلى قمرين من كل قسم، ثم نورد جدولاً عاماً فيه بعض الأقمار الحالية والمستقبلية.

**2 -5 -1 القمر الصناعي أيكونس (IKONOS) والقمر الصناعي كويك بيرد (Quick Bird):**

وهذا القمران من الأقمار عالية الدقة ويمتازان بأنهما أكثر الأقمار التجارية رواجا، ودقة المكانية العالية التي تصل إلى 1 متر في IKONOS و 60سم في QUICKBIRD، وسعرهما المناسب، وكما ذكرنا فإنه أكثر ما تستخدم منتجات هذين القمرين في التطبيقات الحضرية والعسكرية وفيما يلي جدول يوضح أهم خصائصهما (جدول 2 -2).

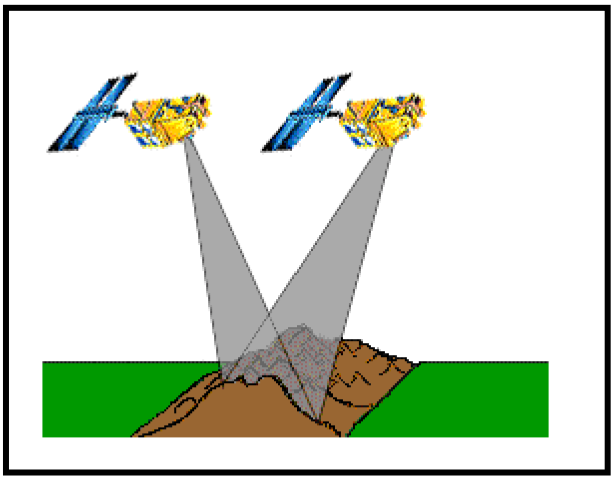
جدول (2 -2): مواصفات القمرين (IKONOS – QUICKBIRD)

| QUICKBIRD | IKONOS | أسم القمر الصناعي |
|---|---|---|
|  |  | شكل القمر |
| October 18, 2001 | 24 September 1999 | تاريخ الإطلاق |
| **Nadir:** (عند مسار القمر)□<br>61 cm panchromatic<br>2.44 m Multispectral<br>**25° Off-Nadir** بزاوية 25 درجة عن مسار القمر)<br>72 cm panchromatic<br>2.88 m Multispectral□ | **Nadir:** (عند مسار القمر)□<br>0.82 m panchromatic<br>3.2 m Multispectral<br>**26° Off-Nadir**: (بزاوية 26 درجة عن مسار القمر)<br>1.0 m panchromatic<br>4.0 m Multispectral□ | الدقة التمييزية المكانية<br>**Spatial Resolution** |
| Panchromatic:<br>µm 0.900 – 0.45<br>Multispectral:<br>Band 1: Blue 0.45 – 0.52 µm<br>Band 2: Green 0.52 – 0.60 µm<br>Band 3: Red 0.63 – 0.69 µm<br>Band 4: Near IR 0.76 – 0.90 µm | Panchromatic:<br>µm 0.929 – 0.526<br>Multispectral:<br>Band 1: Blue 0.445 – 0.516 µm<br>Band 2: Green0.506 – 0.595 µm<br>Band 3: Red 0.632 – 0.698 µm<br>Band 4: Near IR 0.757 – 0.853 µm | الدقة التمييزية<br>الإشعاعية **Radiometric Resolution** |
| 16.5 km x 16.5 km at nadir | 11.3 kilometers at nadir<br>13.8 kilometers at 26° off-nadir | التغطية المكانية<br>**Swath** |
| 23-meter horizontal (CE90%) | 12-m horizontal and 10-m vertical accuracy with no ground control<br>2-m horizontal and 3-m vertical accuracy with ground control<br>These are specified as 90% CE (circular error) for the horizontal<br>and 90% LE (linear error) for the vertical | صحة الضبط<br>**Accuracy** |
| kilometers 450 | 681 kilometers | الارتفاع عن سطح الأرض<br>**Altitude** |
| 97.2 degree | 98.1 degrees | زاوية الميل **Inclination** |
| 10:30 a.m. | 10:30 a.m. | وقت عبور خط الاستواء |
| 1-3.5 days depending on latitude (30°off-nadir) | 3 days at 1-meter resolution, 40° latitude | الدقة التمييزية الزمنية<br>**Temporal Resolution** |
| 93.5 minutes | 98 minutes | **Orbit time** |
| Sun-synchronous | Sun-synchronous | نوع المدار |
| bits per pixel = $2^{11}$ = 2048 level- 11 | 11-bits per pixel = $2^{11}$ = 2048 level | الدقة التمييزية<br>الإشعاعية<br>**Radiometric Resolution** |

**2 -5 -2 القمر الصناعي Landsat-7 والقمر الصناعي SOPT-5:**

إن سلسلة الأقمار الأمريكية والفرنسية من أوائل الأقمار الصناعي في علم الاستشعار عن بعد, وكما ذكرنا سابقا أن أكثر استخداماتها في التطبيقات الريفية والدراسات البيئية حيث الدقة المتوسطة المتراوحة بين 30 متر إلى 5 متر في القمر الفرنسي SPOT-5. والجدير بالذكر أن صور القمر الصناعي Landsat مناسبة للداراسات التي تتطلب صور تاريخ قديم للمقارنة، وذلك لتوفرها بكثرة ولجميع الكرة الأرضية تقريبا.

و من ميزات القمر الفرنسي المرآة المتحركة التي يمكن أن تميل إلى الشرق أو الغرب وبشكل تدريجي بزاوية من صفر – 27 درجة، وبذلك تسمح بمسح منطقة بعرض 950 كم مركزها مسار القمر الصناعي. وهذه المرآة تسمح باستشعار أي مكان على خط الاستواء 7 مرات خلال 26 يوما التي يغطي فيها القمر الصناعي سطح الأرض، وعلى خط عرض 45 درجة تستشعر المنطقة 11 مرة خلال نفس الفترة. وبفضل هذه الميزة يمكن تكوين الرؤية المجسمة باستخدام منظرين لنفس المنطقة(شكل2 -14)، على أن تكون مسجلة في مدارين مختلفين، وأن تكون زوايا الاستشعار مختلفة. وفي الجدول (2 -3) نلخص أهم مواصفات هذين القمرين.



شكل (2 -14): الرؤية المجسمة بفضل المرآة المتحركة في القمر الفرنسي SPOT

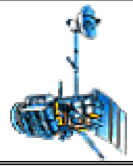
**2 -5 -3 القمر الصناعي NOAA:**

وهذا القمر يستخدم في رصد الأحوال الجوية ومراقبة الفيضانات، ورسم مخططات درجة حرارة المياه، ومخططات غطاء الثلوج، ومخططات الزراعة، والتطبيقات الجيولوجية، ودراسة أنواع التربة. ولذلك نلاحظ أن دقة التمييزية المكانية كبيرة وهي تقريبا 1 كيلو متر، ويغطي مساحات كبيرة في المنظر الواحد.

## 2 -5 -4 الأقمار الصناعية المستقبلية:

ولأهمية هذا العلم نجد أن الدول تسعى إلى تطوير وامتلاك هذه الأقمار التي كما ذكرنا سابقا هي أهم مصادره. وفي الجدول (2 -4) نذكر بعض الأقمار الحالية والمستقبلية بشكل مختصر.

جدول (2 -3): مواصفات القمرين (SPOT-5 – Landsat-7)

| SPOT-5 | Landsat-7 | أسم القمر الصناعي |
|---|---|---|
|  |  | شكل القمر |
| | April 15, 1999 | تاريخ الإطلاق |
| Panchromatic 2.5 m or 5m<br>B1-B3: 10m<br>B4: 20 m | m for Panchromatic 15<br>m for multispectral 30<br>m for thermal 60 | الدقة التمييزية المكانية<br>**Spatial Resolution** |
| Panchromatic:<br>µm 071 – 0.48<br>Multispectral:<br>B1: Green 0.50 – 0.59 µm<br>B2: Red 0.61 – 0.68 µm<br>B3: Near IR 0.78 – 0.89 µm<br>B4: MIR 1.58-1.75 µm | Panchromatic:<br>µm 0.90 – 0.50<br>Multispectral:<br>Band 1: Blue 0.45 – 0.515 µm<br>Band 2: Green 0.525 – 0.605 µm<br>Band 3: Red 0.63 – 0.69 µm<br>Band 4: Near IR 0.775 – 0.90 µm<br>Band 5: Mid IR 1.55-1.75 µm<br>Band 6: Thermal IR 10.4-12.5 µm<br>Band 7: Mid IR 2.09-2.35 µm | الدقة التمييزية الإشعاعية **Radiometric Resolution** |
| 120 km (60km x 2) x 80 km | 185 km x 170 km | التغطية المكانية **Swath** |
| m with no ground control 50 | 250 m horizontal accuracy with no ground control<br>m horizontal accuracy with ground 15 control<br>These are specified as 90% CE (circular error) for the horizontal | صحة الضبط<br>**Accuracy** |
| km 832 | 705 kilometers | الارتفاع عن سطح الأرض **Altitude** |
| 98 degrees | 98.2 degrees | زاوية الميل **Inclination** |
| 10.30 a.m. | 9:45 a.m. | وقت عبور خط الاستواء |
| 26 days | 16 days | الدقة التمييزية الزمنية<br>**Temporal Resolution** |
| 101 minutes | 98.9 minutes | **Orbit time** |
| Sun-synchronous | Sun-synchronous | نوع المدار |
| bit = $2^8$ = 256 level 8 | | الدقة التمييزية الإشعاعية<br>**Radiometric Resolution** |

جدول (2 -4): مواصفات بعض الأقمار الحالية والمستقبلية

| LAUNCH Date تاريخ الإطلاق ( المتوقع) | SATELLITE Name أسم القمر | COUNTRY الدولة | الدقة التمييزية المكانية Spatial Resolution | | Swath التغطية المكانية |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | PAN RES. M | MS RES. M | |
| 03/01/1984 | Landsat 5 | US | 30 | 185 | |
| 01/22/1990 | SPOT-2 | France | 10 | 20 | 120 |
| 09/29/1997 | IRS 1D | India | 6 | 23 | 70, 142 |
| 03/24/1998 | SPOT-4 | France | 10 | 20 | 120 |
| 04/15/1999 | Landsat 7 | US | 15 | 30 | 185 |
| 09/24/1999 | IKONOS-2 | US | 1 | 4 | 11 |
| 12/20/1999 | KOMPSAT-1 | Korea | 6.6 | 17 | |
| 12/05/2000 | EROS A1 | Israel | 1.8 | 14 | |
| 06/28/2000 | Tsinghua-1 (SSTL) | China | 39 | 600 | |
| 12/07/2000 | EO-1 | US | 10 | 30 | 37 |
| 03/12/2000 | MTI | US | 5, 20 | 12 | |
| 10/18/2001 | QuickBird-2 | US | 0.6 | 2.5 | 16 |
| 10/22/2001 | Proba | ESA | 8 | 18, 36 | 14 |
| 05/04/2002 | SPOT-5 | France | 2.5 | 10 | 120 |
| 06/26/2003 | OrbView 3 | US | 1 | 4 | 8 |
| 09/27/2003 | DMC BilSat (SSTL) | Turkey | 12 | 26 | 52 |
| 09/27/2003 | DMC NigeriaSat-1 (SSTL) | Nigeria | 32 | 600 | |
| 09/27/2003 | DMC UK (SSTL) | UK | 32 | 600 | |
| 10/17/2003 | IRS ResourceSat-1 | India | 6 | 6, 23 | 24, 140 |
| 10/21/2003 | CBERS-2 | China/Brazil | 20 | 20 | 113 |
| 12/01/2004 | DMC ThaiPhat (SSTL) | Thailand | 36 | 600 | |
| 04/20/2004 | RocSat2 | Taiwan | 2 | 8 | 24 |
| 06/30/2004 | Resurs DK-#1 | Russia | 1 | 3 | 28 |
| 11/15/2004 | KOMPSAT-2 | Korea | 1 | 4 | 15 |
| 12/15/2004 | MONITOR-E #1 | Russia | 8 | 20 | 94, 160 |
| 12/15/2004 | SICH-1M #1 | Russia | 24 | 24 | 48 |
| 03/01/2005 | DMC China DMC | China | 4 | 32 | 600 |
| 03/01/2005 | TopSat (SSTL) | UK | 2.5 | 5 | 10, 15 |
| 05/01/2005 | DMC VinSat-1 | Vietnam | 32 | 600 | |
| 06/01/2005 | ALOS | Japan | 2.5 | 10 | 35, 70 |
| 03/01/2006 | EROS B | Israel | 0.7 | 7 | |
| 01/15/2006 | CBERS-2B | China/Brazil | 20 | 20 | 113 |
| 01/15/2006 | IRS ResourceSat-2 | India | 6 | 6, 23 | 24, 140 |
| 01/15/2006 | X-Sat | Singapore | 10 | 50 | |
| 06/01/2007 | RapidEye-A | Germany | 6.5 | 78 | |
| 06/01/2007 | RapidEye-B | Germany | 6.5 | 78 | |
| 03/01/2008 | EROS C | Israel | 0.7 | 2.5 | 16 |
| 05/01/2008 | CBERS-3 | China/Brazil | 5 | 20 | 60, 120 |
| 07/01/2008 | Pleiades-1 | France | 0.7 | 2.8 | 20 |
| 06/30/2008 | LDCM | US | 10 | 30 | 177 |
| 07/01/2009 | Pleiades-2 | France | 0.7 | 2.8 | 20 |
| 06/01/2010 | CBERS-4 | China/Brazil | 5 | 20 | 60, 120 |

المملكة العربية السعودية
المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

# الاستشعار عن بعد

## تحليل وتفسير صور الاستشعار عن بعد

تحليل وتفسير صور الاستشعار عن بعد

3



# الوحدة الثالثة : تحليل وتفسير صور الاستشعار عن بعد

**الجدارة:**

أن يتعرف المتدرب على المبادئ الأساسية في تصحيح أخطاء وتشوهات ثم تحليل و تفسير صور الاستشعار عن بعد.

**الأهداف:**

بإذن الله سوف تتعلم في هذه الوحدة على تحليل وتفسير الصور وستكون بنهايتها قادراً على:

1. تصحيح أخطاء وتشوهات الصور.
2. أن التعرف على الصورة ومحتوياتها.

**متطلبات الجدارة:**

ينبغي أن تتشكل لدى المتدرب قدرة على تمييز المعالم على الصور وقراءتها بشكل صحيح.

**مستوى الأداء:**

أن يصل المتدرب إلى نسبة 100٪ في تحليل وتفسير صور الاستشعار عن بعد.

**الوقت المتوقع للتدريب:**

12 ساعة.

**الوسائل المساعدة:**

1. صور فضائية وجوية.
2. جهاز حاسب آلي لغرض عرض الصور وتصنيف المرئية.

## تحليل وتفسير الصور

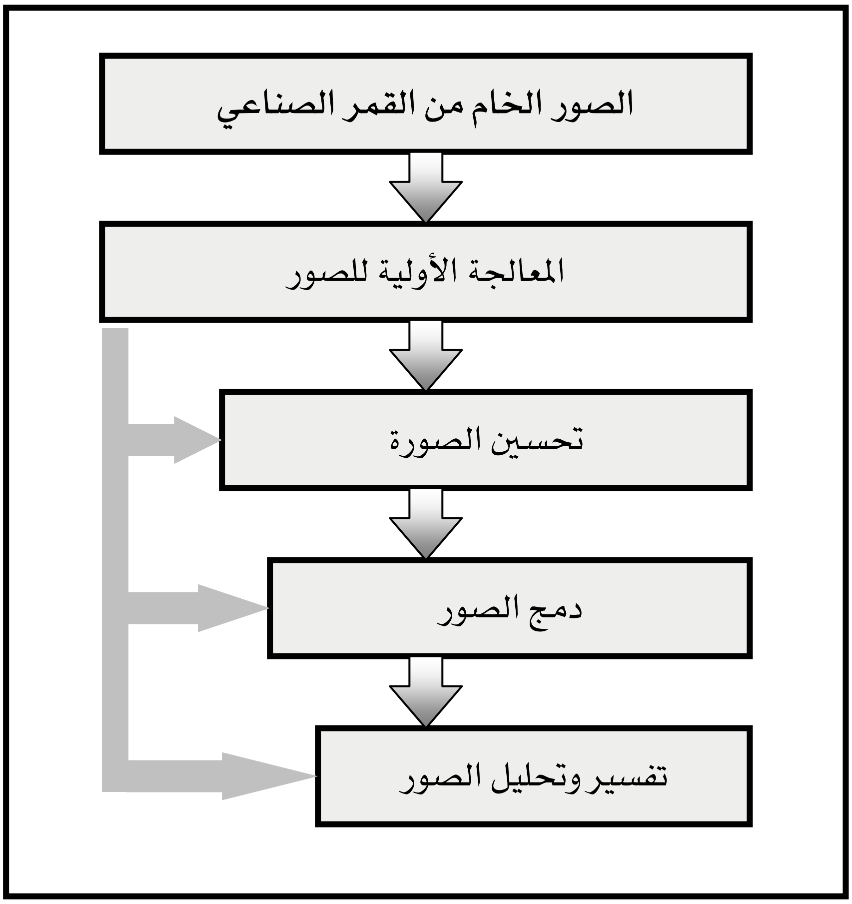
### 3 -1 مقدمة :

تعتبر صور الأقمار الصناعية أهم وسائل الاستشعار عن بعد هذه الأيام، ولكن الصور هذه بحد ذاتها ليست سوى بيانات، لذلك يجب تحليلها وتفسيرها لاستخلاص المعلومات منها، وبالتالي تتحول هذه المعلومات إلى معرفة يستخدمها صاحب القرار أو المستفيد النهائي منها.

### 3 -2 معالجة الصور:

قد تمر هذه الصور بمراحل أخرى قبل مرحلة التفسير والتحليل وذلك لزيادة المقدرة التفسيرية لها، من هذه المراحل( شكل 3 -1):

1. المعالجة الأولية للصور (Image Preprocessing).
2. تحسين الصورة (Image Enhancement).
3. دمج الصور (Image Merging and Image Mosaic ).




شكل (3 -1): مراحل تفسير الصور ومعالجتها.

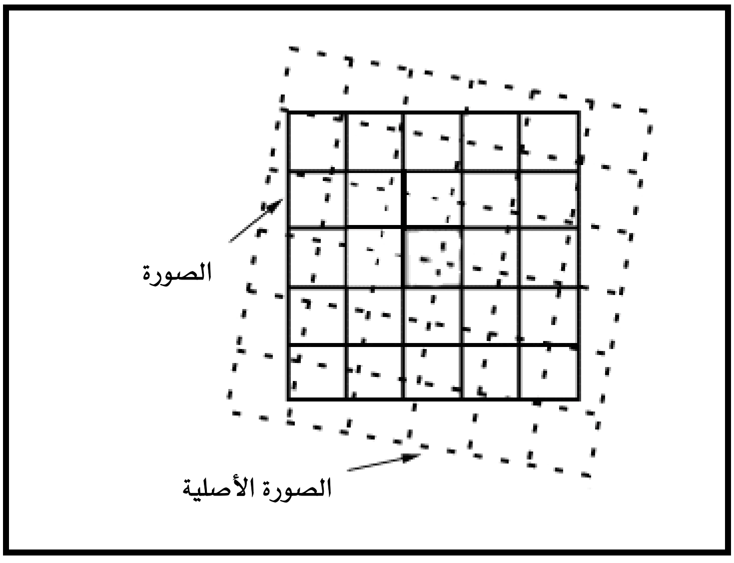
### 3 -2 -1 المعالجة الأولية للصور(Image Preprocessing):

وتهدف هذه الإجراءات إلى تصحيح الصور المشوهة أو المتردية لإيجاد تمثيل أصدق للمشهد الأصلي. وتعتمد طبيعة هذه المعالجة اعتمادا كليا على خصائص المستشعر المستعمل في الحصول على هذه الصور الفضائية. وتتضمن عملية المعالجة هذه تصحيح التشوهات الهندسية وإزالة التشوهات الإشعاعية.

### 3 -2 -1 -1 التصحيح الهندسي (Geometric Correction):

تحتوي الصور الخام عادة على تشوهات هندسية بحيث لا يمكن أن نتخذ منها خرائط أو قياسات مباشرة. وتتراوح مصادر هذه التشوهات بين تغير ارتفاع منصة المستشعر، وسرعة القمر الصناعي، وبين بعض العوامل الأخرى مثل انحناء سطح الأرض، وانكسار الأشعة في الغلاف الجوي والإزاحة بفعل اختلاف التضاريس. والغرض من التصحيح الهندسي هو تصحيح هذه التشوهات التي تسببها هذه العوامل بحيث تجعل الصور المصححة موحدة هندسيا مع الخارطة.

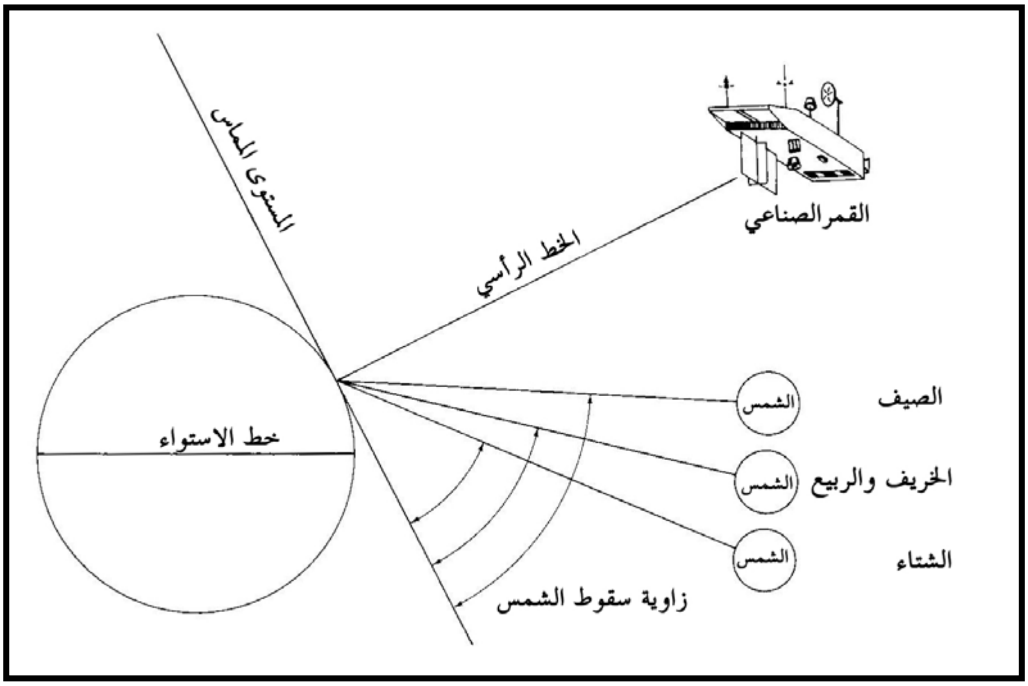
ويتم إنجاز التصحيح الهندسي على مرحلتين. في المرحلة الأولى: تؤخذ التشوهات المنتظمة، مثل الناتجة عن انحراف المسح، سرعة القمر، دوران الأرض. وفي المرحلة الثانية تعالج التشوهات غير المنتظمة. حيث يمكن تصحيح التشوهات المنتظمة بتطبيق صيغ رياضية يتم الحصول عليها بتحليل مصادر التشوهات رياضياً. أما التشوهات غير المنتظمة فيتم تصحيحها عن طريق ربط الصور الفضائية بنقاط تحكم أرضية كافية وموزعة توزيعا جيدا وفق معادلات الضبط المعروفة (شكل 3 -2).




شكل (3 -2): تصحيح التشوهات الهندسية باستخدام نقاط التحكم الأرضية.

### 3 -2 -1 -2 إزالة التشوهات الإشعاعية (Radiometric Correction):

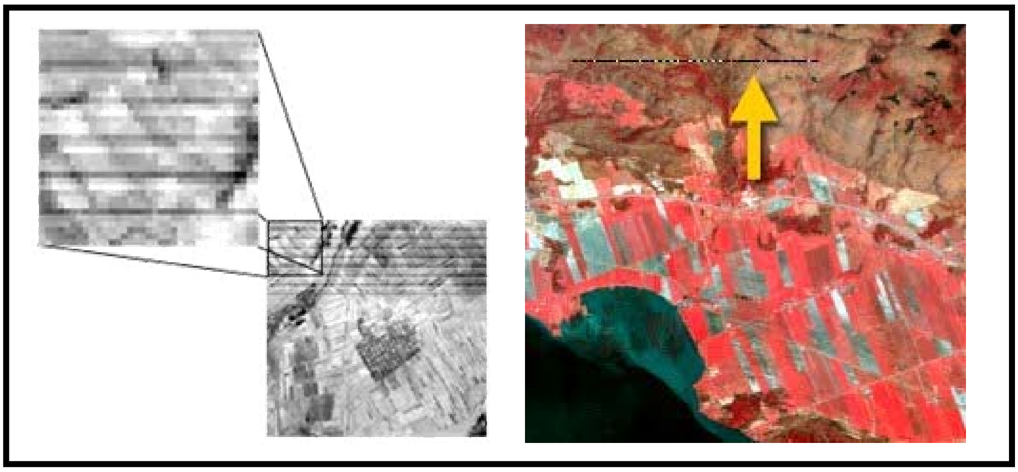
التشوهات الإشعاعية تنتج إما عن أخطاء استجابة أحد أجهزة الاستشعار أو تأثرات الغلاف الجوي، أو وضع الرؤية وخصائص المستشعر أو حتى زاوية الإضاءة. ففي الدراسات التي تتطلب صوراً من أزمنة أو مواقع مختلفة لابد من تصحيح زاوية ارتفاع الشمس لتقدير موقع الشمس في الفصول المختلفة بالنسبة للأرض في حساب شدة انعكاس الأشعة من الأجسام (شكل 3 -3).




شكل(3 -3): اختلاف زاوية سقوط الشمس باختلاف فصول السنة.

### 3 -2 -1 -3 إزالة الضجيج (Noise Removal):

ضجيج الصور هو أي اضطراب غير مرغوب فيه في معطيات الصور الفضائية ينجم عن قصور في الاستشعار، حيث يتوقف جهاز الاستشعار عن العمل أثناء عملية المسح مما ينتج عنه ظاهرة سقوط الخطوط أو ظاهرة التخطيط (شكل 3 -4)، عن طريق إزالة هذا النوع من الضجيج آليا عن طريق بعض البرامج المتوفرة التي بدورها تحسب المتوسط الحسابي بين السطور( الأعلى والأسفل مثلا) لإعادة المعلومات المفقودة، دون المساس بالسطور الأخرى.

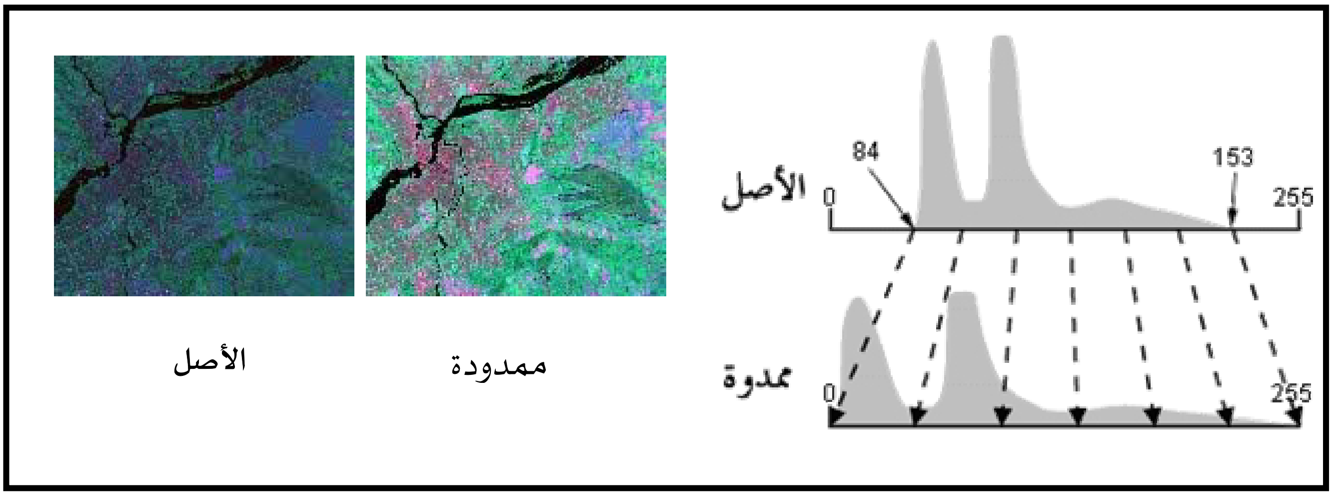


شكل (3 -4): ظاهرة سقوط الخطوط أو ظاهرة التخطيط.

### 3 -2 -2 تحسين الصورة (Image Enhancement):

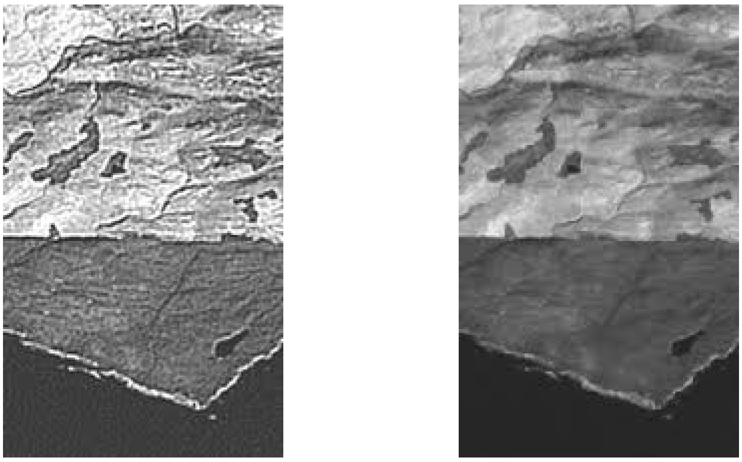
يهدف تحسين الصور إلى تحسين قابلية التفسير البصري للصورة وذلك بزيادة التمييز بين العالم، عن طريق التضخيم البصري للاختلافات الضئيلة بين المعالم في التدرج الرمادي لتسهل إمكانية ملاحظتها. وتتم عملية التحسين عادة بعد إنجاز إجراءات المعالجة الأولية، فإزالة التشوهات والضجيج خاصة يجب أن تسبق عملية التحسين.

ومن العمليات المعروفة تحسين التباين(Contrast Enhancement)، وهذه العملية أصبحت سهلة جدا بفضل البرامج الحديثة وأجهزة الحاسب الحديثة، ويمكن تحسين التباين باستعمال طريقة ضبط مخطط توزيع التباين أو ما يعرف (Histogram Adjustment) (شكل 3 -5).




شكل (3 -5): تحسين التباين باستخدام مخطط توزيع التباين (Histogram).

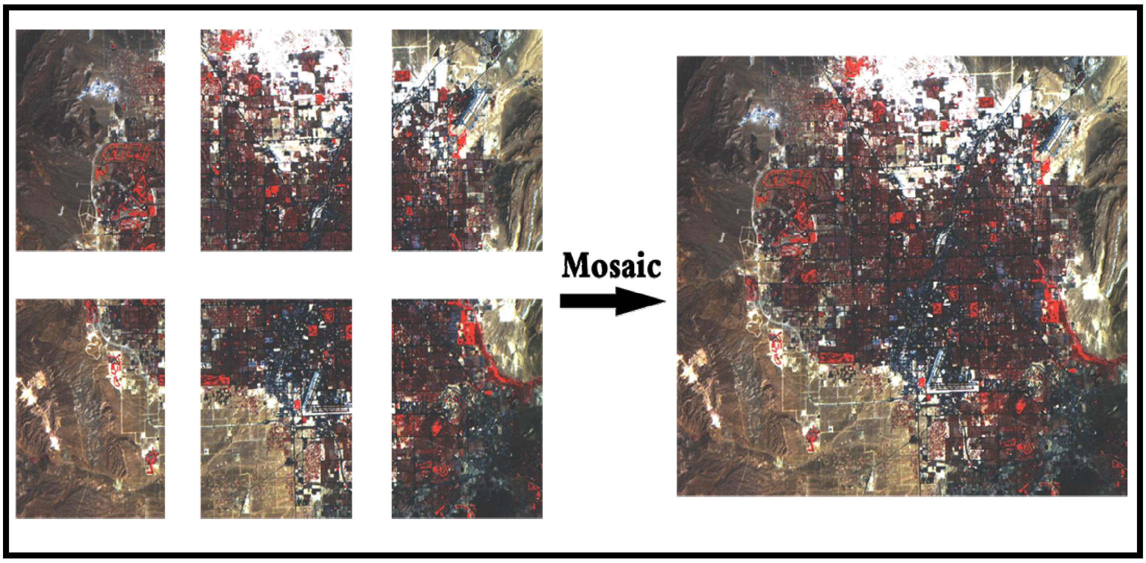
وأيضا من عمليات التحسين ما يعرف بتحسين الحافة (Edge Enhancement)، والهدف من تحسين الحافة هو استخلاص معلومات من أطراف معالم معينة على الصورة وبذلك يمكن تبيان أشكال ودقائق المعالم مما يجعل تفسيرها وتحليلها أسهل (شكل 3 -6).



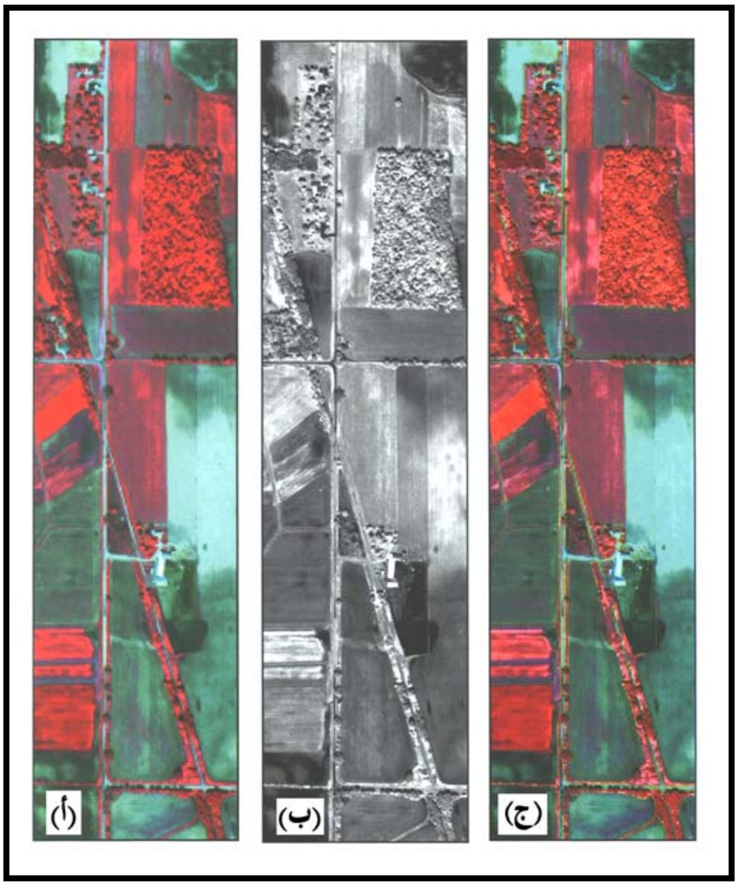

شكل (3 -6): تحسين الحواف وتأثيره على الصور.

**3 -2 -3 دمج الصور (Image Merging and Image Mosaic ):**

وتستخدم هذه العملية لدمج صورة مع صورة مجاورة لها جغرافيا لتصبح صورة واحدة تغطي منطقة الدراسة وذلك لتسهيل عمل التحسينات الأخرى، فمثلا نفرض إننا بصدد دراسة التربة في منطقة الرياض وتوجد لدينا صور القمر الصناعي لاندسات 7، و من المعلوم لدينا أن تغطية المكانية للقمر لاندسات7 حوالي 185 كيلومتر في 175 كيلو متر، لذا يمكن دمج أكثر من منظر لتغطية منطقة الدراسة في صورة واحدة، وهو ما يعرف (Mosaic) (شكل 3 -7). أو ممكن إضافة مخرجات مستشعر (Band) مع الصورة الأصلية وذلك لإعطاء معلومات أكثر، مثلا إضافة مخرجات المستشعر الحراري في لاندسات مع النطاق المرئي لعمل دراسة ما. ويمكن دمج صورتين لتحسين الدقة التمييزية المكانية، مثلا ممكن دمج مخرجات المستشعر البانورماتكي ذي الدقة التمييزية المكانية 1 متر في القمر الصناعي أيكونوس إلى مخرجات المستشعر متعدد الأطياف بدقة تمييزية مكانية 4 متر، فينتج لنا مخرجات متعدد الأطياف بدقة تمييزية مكانية 1 متر (شكل 3 -8).




شكل ( 3 -7): دمج الصور المتجاورة لتكوين صورة واحدة (Mosaic).




شكل (3 -8): دمج الدقة التمييزية المكانية لصورة القمر الصناعي أيكونس (أ) متعدد الأطياف بدقة تمييزية مكانية 4متر، (ب) وماكروماتية 1 متر، (ج) ينتج لنا صورة متعددة الأطياف بدقة 1 متر.

**3 -3 تفسير وتحليل الصور:**

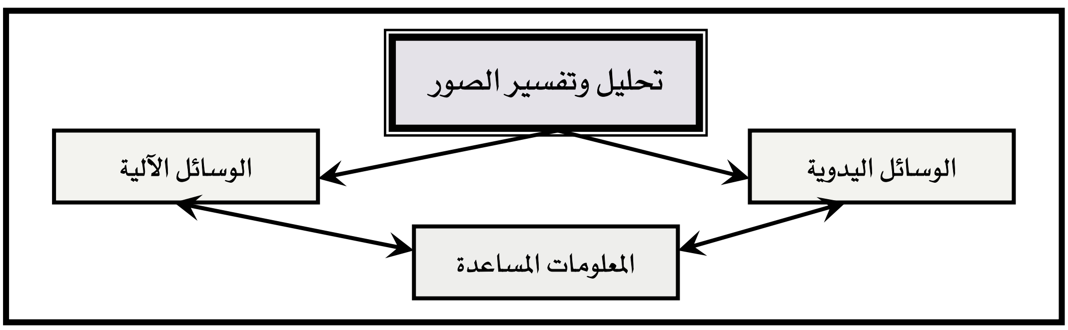
وبعد ما تم تعلمه من تصحيح وتحسين الصورة لا بد الآن أن تعلم كيف نستخلص المعلومات الموجودة في هذه الصورة، وهذا ما يعرف بتفسير وتحليل الصور. فتفسير وتحليل الصور فن و علم في آن واحد، كما يعرف هذا العلم بأنه عملية التعرف إلى الأشياء وتمييزها من خلال النمط الجغرافي الذي تتخذه في الصور وكذلك معرفة أهميتها. فهناك مبدأ يرى أن الصور ما هي إلا نماذج وصفية للواقع على الطبيعة. فالنجاح في تطبيق وسائل الاستشعار عن بعد لا يعتمد فقط على الخصائص الطبيعية للظواهر و نوع أجهزة الاستشعار المستخدمة، إنما يعتمد أيضا على مستوى التدريب والخبرة التي يكسبها مفسر الصور. فهذه الصور يمكن تفسيرها لأغراض متعددة أي حسب الموضوع الذي يرغب فيه المفسر.

ورغم التطور في الأجهزة الحديثة والبرامج المتخصصة في تحليل وتفسير الصور في الاستشعار عن بعد إلا أنه لا تزال الوسائل التقليدية أو اليدوية في كثير من الدراسات هي الوسيلة الأساسية أو مكملة لوسائل التحليل الآلي. ولذا سوف نقسم تفسير وتحليل الصور إلى قسمين هما: الوسائل اليدوية أو التقليدية، والوسائل الآلية (شكل3 -9).

و الوسائل المستخدمة لتفسير وتحليل الصور تعتمد على المعلومات المساعدة، التي بدورها تساعد المحلل أو المفسر وتعطيه معلومة مبدئية لينطلق منها. و يمكن الحصول على المعلومات المساعدة من عدة مصادر منها:

- الخرائط أو صور جوية وفضائية قديمة، هذه غالبا تكون متوفرة وقليلة التكلفة، ولكن محدودة الفائدة.
- التقارير الميدانية أو المسح الميداني، وهذه مكلفة وتحتاج إلى وقت وكادر بشري، ولكنها مفيدة في كثير من الدراسات مثل: دراسة أنواع المحاصيل.

وليست الفائدة من المعلومات المساعدة فقط في تحسين و مساعدة المحلل والمفسر، ولكن ممكن أن تستخدم أيضا في معايرة المستشعر أو التدقيق على مخرجات التحليل.




شكل (3 -9): أقسام تحليل وتفسير الصور.

**3 -3 -1 التحليل والتفسير اليدوي أو التقليدي:**

يعتمد نجاح تفسير وتحليل الصور على عدة عوامل منها: مستوى التدريب والخبرة، ونوعية الصور والظواهر الموجودة فيها، وتوفر المعلومات المساعدة من عدمها، والغرض من عملية التفسير. إلا أن مستخدم الصور مهما كانت قدرته يلجأ كثير إلى استخدام عدد من الخصائص العامة للظواهر من أجل التعرف عليها ومن أهم هذه الخصائص:

**1. الحجم (Size):**

يقصد بالحجم أبعاد الظواهر الموجودة في الصور، فقد يفسر الكوخ الصغير وكأنه مخزن علف كبير إذا لم يؤخذ الحجم بالحسبان. وأيضا بمعرفة مقياس الصور يمكن قياس أبعاد الأجسام بسهولة ومن ثم حساب مساحتها، ومثال ذلك حساب مساحات المناطق الزراعية (شكل 3 -10).

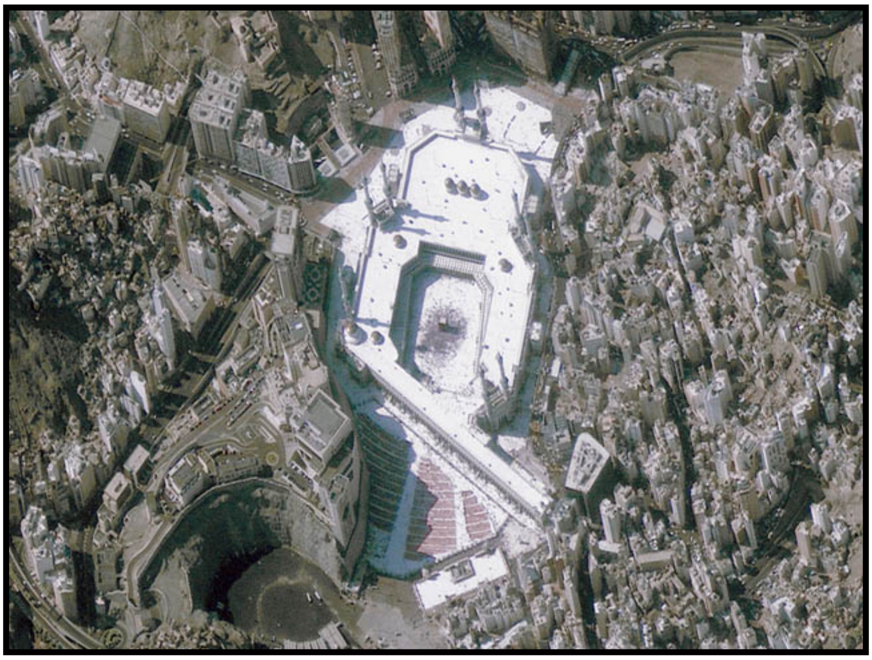


شكل (3 -10): حجم المعلم يمكن ويساعد في تفسير الصور، مخزن كبير على شكل كوخ.

**2. الشكل (Shape):**

الشكل هو متغير نوعي يصنف الشكل الخارجي الأجسام والأشياء التي تظهر في الصورة، ولذلك يعتبر الشكل من الأسس الهامة التي تساعد على تمييز الظواهر ومعرفتها. . فبعض المباني لا يمكن التعرف على وظائفها إلا من شكلها. مثل الحرم المكي الشريف (شكل 3 - 11) والحرم النبوي الشريف ومبنى وزارة الداخلية، وملاعب كرة القدم ذات الشكل البيضاوي التي يسهل تمييزها في جميع الصور، ومن الأمثلة العالمية أيضا مبنى (البنتاغون) بشكله الخماسي المشهور والمميز (شكل 3 -12). ومن أكثر الأشكال وضوحاً على الصور المطارات

نظراً للأشكال الهندسية المنتظمة التي تتخذها ممرات الهبوط والإقلاع ومواقف الطائرات والمباني المرتبطة بها وكبر المساحة التي تشغلها (شكل 3 -13).

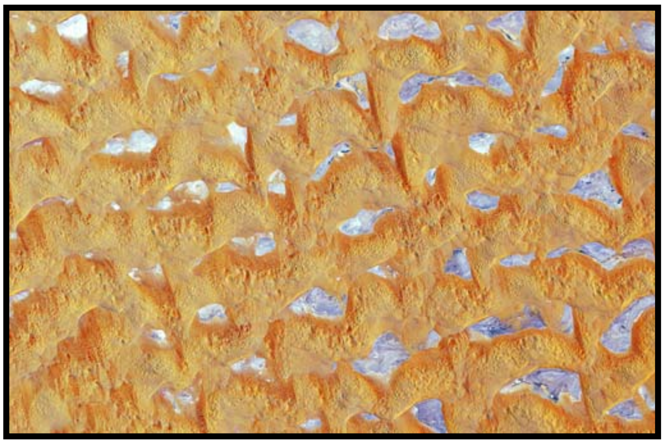

شكل ( 3 - 11 ) صورة للحرم المكي الشريف.


شكل (3 -12): مبنى البنتاغون وشكله المميز الخماسي.



شكل (3 -13): شكل المطارات من أكثر الأشكال وضوحاً على الصور.

كذلك يمكن التفريق بين أشكال الظاهرات البشرية والظاهرات الطبيعية بسهولة لأن الظاهرات البشرية, مثل الحقول الزراعية والطرق والمباني السكنية غالباً ما تكون أكثر انتظاماً من الظاهرات الطبيعية, كالغابات والمناطق الجبلية (شكل 3 -14 و شكل 3 - 15).



شكل ( 3 -14): الظواهر الطبيعية (سهول رملية) أقل انتظام من الظواهر البشرية.



شكل ( 3 -15 ): الظواهر البشرية أكثر انتظاما من الظواهر الطبيعية.

### 3. درجة اللون (**Tone**):

تمثل درجة اللون في الصور مقدار الأشعة المنعكسة من سطح الأرض على جهاز الاستشعار. وتتراوح درجة اللون في صور أحادية المستشعر(Single Band) بين اللون الأسود ودرجات مختلفة من الرمادي (Gray Scale) واللون الأبيض. وعموما كلما زادت الأشعة المنعكسة من الأجسام فإنها تظهر في الصور بلون فاتح يقرب من اللون الأبيض. وتحدد طبيعة ولون مواد سطح الجسم مقدار الأشعة المنعكسة. ولذلك نجد أن الأراضي الجرداء (القاحلة) تظهر بلون فاتح، ويصبح اللون غامقا كلما تزايدت الرطوبة على السطح. هذا وتلعب زاوية سقوط أشعة الشمس على الأرض دورا أساسيا في تحديد درجات اللون في الصور. ويمكن القول بشكل عام بأن المسطحات المائية تظهر في الصور بلون داكن نسبيا (شكل 3 -16).



شكل (3 -16): تدرج اللون في الأراضي القاحلة والرطبة يساعد في تفسير الصور.

### 4. النمط (Pattern):

تتميز بعض الظواهر باتخاذها نمطاً مميزاً من حيث تنظيمها في الصور و الترتيب المكاني، فتكرار الأشكال العامة وعلاقتها بعضها ببعض من مزايا كثير من الأجسام مثل المجمعات السكنية، ومواقف أمام المساجد أو الأسواق. والبساتين يمكن تمييزها عن الغابات بسبب الشكل الذي تأخذه النباتات وهو عبارة عن صفوف طويلة منتظمة في البساتين وأشكال عشوائية في الغابات ( شكل 3 -17).



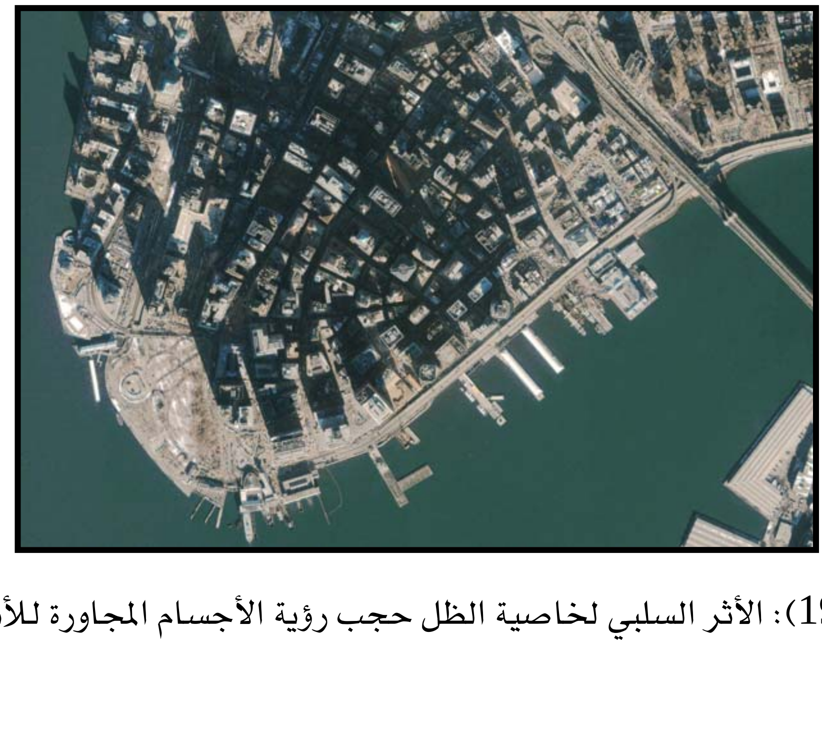

شكل (3 -17): نمط ترتيب الأشجار يساعد على تحديد الغابات من البساتين.

**5. الظل (Shadow):**

للظلال شأن كبير في تفسير الصور من ناحيتين: الأولى أن شكل الظل يوضح الملامح الجانبية للأجسام، وخاصة الأجسام التي لها ارتفاع واضح مثل الأشجار وأسوار المزارع والسدود والأبراج وناطحات السحاب ومداخن المصانع وغيرها، وكذلك يساعد الظل في معرفة تفاصيل هذه المعالم (شكل 3 -18). والثانية الناحية السلبية وهي أن الظل ممكن أن يحجب رؤية الأجسام الواقعة في منطقة ظل الأجسام الأخرى (شكل 3 -19).



شكل (2 -18): استخدام خاصية الظل لمعرفة تفاصيل الأجسام – برج العرب دبي.



شكل (3 -19): الأثر السلبي لخاصية الظل حجب رؤية الأجسام المجاورة للأبراج العالية.

**6. الوقت من اليوم والسنة (Date-Day and Year ):**

يلعب الوقت من السنة أو اليوم أو حتى من النهار دوراً في القدرة على تحديد بعض الظاهرات, فعلى سبيل المثال يختلف الشكل الذي تظهر به المناطق الزراعية في بداية زراعتها عن فترة النمو والحصاد لذا تجب معرفة تاريخ الصورة ومرحلة الزراعة لكي تساعد مفسر الصور في تحديد المزروعات المحصودة والجديدة (شكل 3 -20).ومثال آخر ممكن التعرف على مساجد الجمعة عن المساجد الأخرى من خلال المواقف الممتلئة بالسيارات في الصور المأخوذة يوم الجمعة.



شكل (3 -20): بمعرفة تاريخ التصوير يمكن تحديد نوع المزروعات المحصودة في الحقول.

**7. الموضع (Site):**

ويقصد بالموضع هنا موضع ظاهرة معينة في الصور بالنسبة إلى ظواهر أخرى ذات أهمية معروفة وخصائص متميزة بناء على موضعها. ويفيد مفهوم الموضع الصور في القيام بعملية تجميع أفراد الظواهر التي تم التعرف إليها ، فإذا تم تمييز أشجار المانجروف في الصور فإن هذا مؤشر على أن المنطقة التي يوجد فيها شجر المانجروف منطقة ساحلية تغطيها الفيضانات الموسمية من مياه البحر.

### 8. النسيج (Texture):

يقصد بالنسيج درجة خشونة أو نعومة اللون في الصور، وتكرار تغير درجة اللون عندما تصور عدة ظواهر معا في صورة واحدة، مثل أوراق الشجر. حيث يظهر السطح الأملس أو الناعم بلون فاتح لأن قدرة هذا النوع من الأسطح على عكس الأشعة كبيرة، أما السطح الخشن فيظهر بلون داكن لأنه يبعثر الأشعة مما يقلل من كمية الأشعة الواصلة إلى جهاز الاستشعار. وعموما يمكن تمييز أصناف رئيسة ثلاثة من النسيج هي: الناعم Smooth، المتوسط النعومة ( أو المبرغل Mat)، والخشن Rough. فالمسطحات المائية الهادئة تظهر بنسيج ناعم، بينما تظهر الأراضي المحروثة بنسيج مبرغل، وتظهر الغابات في الصور بنسيج خشن (شكل 2 -21).



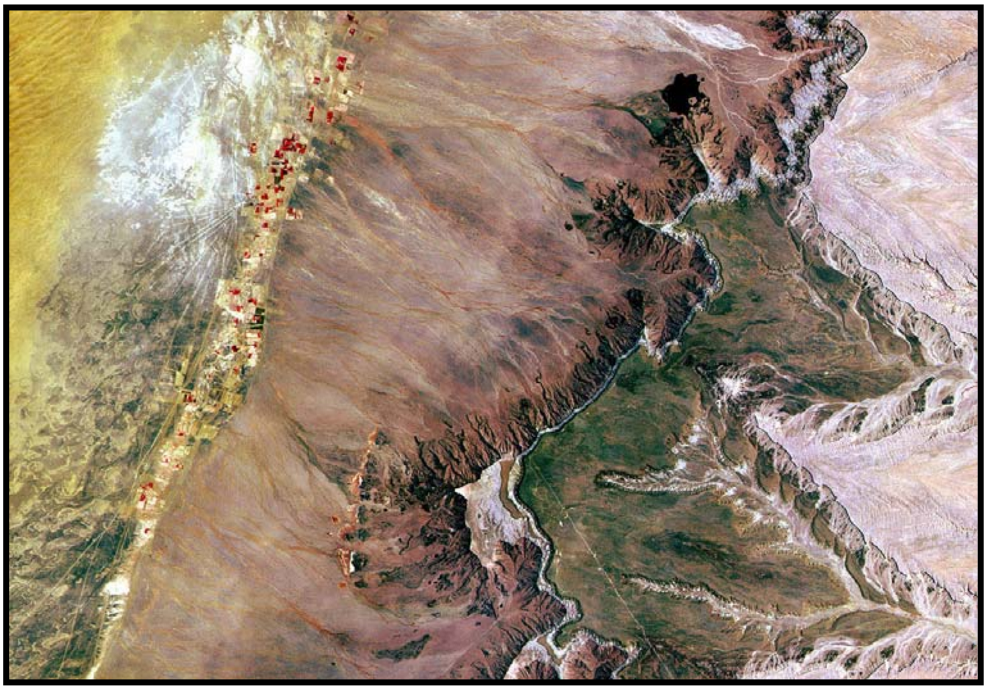
شكل (3 -21): تظهر النباتات المقصوصة بنسيج أنعم من النباتات غير المقصوصة.

## 3 -3 -1 -1 كيف تبدو بعض الظواهر على الصور:

من المعروف أن لكل ظاهرة أرضية, سواء كانت ظاهرة طبيعية أو بشرية, شكلاً خاصاً أو صفة خاصة تميزها عن باقي الظاهرات, وهذه الصفة تسمى التوقيع Signature ، لذا سنذكر بإيجاز أهم الصفات الخاصة لبعض الظواهر الطبيعية والبشرية المشهورة والمتكررة في أغلب الصور:

### 1. التضاريس:

تعتبر التضاريس من الظواهر سهلة التمييز على الصور, ويمكن رؤيتها في الصور بسهولة نسبية بعد قليل من التدريب (شكل 3 - 22 ). و إذا أردنا الحصول على معلومات تفصيلية عن الظواهر والارتفاعات فيفضل استخدام مناظر مجسمة (عن طريق صور سبوت مثلا مختلفة زاوية التصوير).



شكل (3 - 22 ): الهيئة التي تبدو بها التضاريس على الصور ( جبال طويق ).

### 2. الصخور والتربة:

يهتم علم الجيولوجيا التصويرية بدراسة صور الصخور العادية أو ذات الغطاء النباتي الخفيف, لتحديد أنواع الصخور و وجود الالتواءات والفواصل والمعادن, وأنماط التصريف المائي وغيرها من الظاهرات الجيولوجية.

وفي التكوينات العادية أو شبه العادية يمكن ملاحظة أنماط التربة الناتجة عن الاختلافات في التكوين ودرجة اللون والرطوبة التي تحتويها بسهولة. والصخور بصورة عامة والتربة العادية, تظهر بلون

أفتح مما نتوقعه من مظهرها الطبيعي, إلا أن التربة الرطبة تظهر بلون رمادي إلى رمادي داكن بينما تظهر بلون فاتح فور جفافها. وتظهر الأرض المحروثة بلون فاتح, وهي تشمل التربة المحروثة للزراعة, أو التربة الموضوعة حول قناة محفورة حديثاً, أو التربة المأخوذة بعد حفر موقع بناء جديد, والشواطئ والرمال.

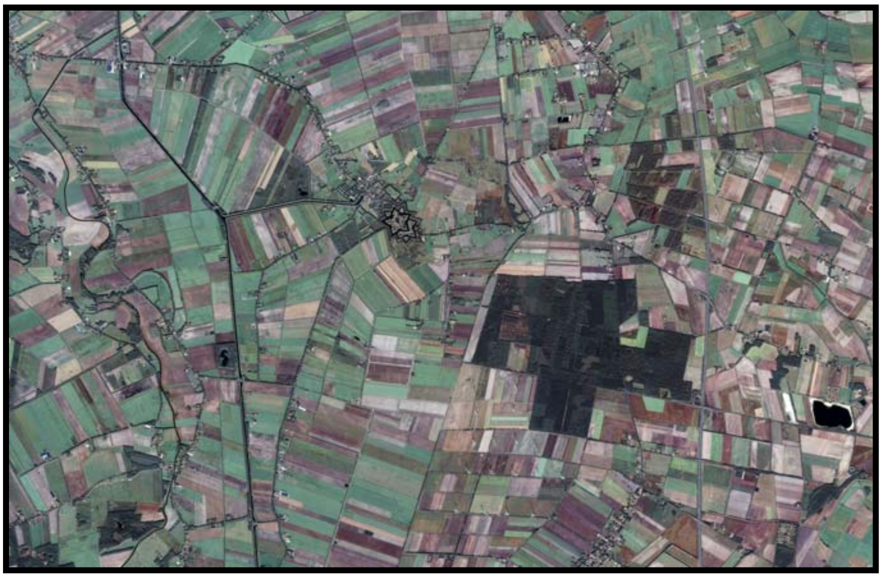
### 3. النباتات الطبيعية:

تظهر الغابات في الصور بلون داكن وتكون الاختلافات في درجة اللون نتيجة للاختلاف في عمر الأشجار وأنواعها, أما الحشائش فإن القاعدة العامة هي أنه كلما تحسنت نوعية الحشائش فإنها تظهر بألوان داكنة وثابتة, وتظهر الحدائق المزروعة بالحشائش بشكل منتظم وجيد في الصور بلون رمادي متوسط اللون, بينما الحشائش المزروعة بشكل سيِّئ تظهر بلون أفتح وعلى هيئة قطع متباينة الألوان نظراً لاختلاف أنواع الحشائش.

### 4. المحاصيل الزراعية:

من أصعب المشكلات التي تواجه مفسر الصور مشكلة تحديد نوعية المحاصيل المزروعة. ومن أهم الطرق المساعدة التي تستخدم للتعرف على المحاصيل الزراعية الإلمام الجيد بطرق زراعتها ومعرفة المعدات والأدوات الرئيسة المستخدمة في كل زراعة, بالإضافة إلى معرفة مواعيد العمليات المختلفة في زراعة المحصول ( حرث، بذر، نمو وحصاد), وبصورة عامة تعطي الصور المأخوذة في وقت الحصاد أفضل النتائج من حيث إمكانية التنبؤ بنوعية المحاصيل الزراعية انظر (شكل 3 - 23 ).

ورغم صعوبة التفريق بين بعض أنواع المحاصيل في بعض الحقول مثل حقل يزرع قمحاً وآخر يزرع شعيراً, إلا أن بالإمكان التفريق بين بعض أنواع المجموعات الزراعية مثل زراعة الحبوب وزراعة البساتين, والدواجن والماشية.



شكل ( 3 - 23 ) صورة لحقول محصودة وأخرى لم تحصد.

### 5. المواصلات:

تظهر الطرق غالباً بلون فاتح إذا كانت غير مرصوفة أو ذات سطح خشن، وتظهر بلون داكن إذا كانت مرصوفة وملساء (شكل 3 -24). أما السكك الحديدية فمع أنها أسهل من حيث تحديدها على الصور من طرق السيارات نتيجة لانتظامها, إلا أنه يصعب تحديد عدد الخطوط. وعادة تعرف السكك الحديدية بوجود جسور خاصة أو أنفاق أو محطات للقطارات أو المنحنيات الخفيفة التي تتخذها قضبان السكك الحديدة.



شكل (3 -24): الطرق والشوارع سهلة التمييز على الصور.

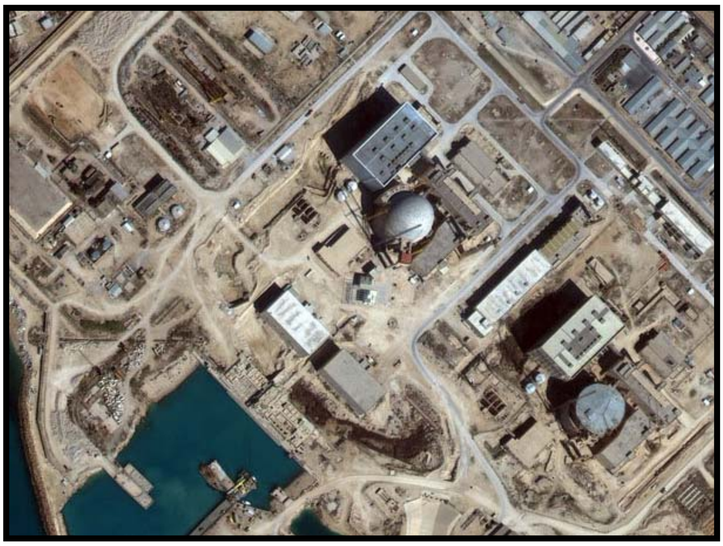
**6. المدن والمناطق الحضرية:**

يصعب في بعض الحالات تحديد نوع استخدام بعض المباني، خصوصاً المباني أو المجمعات الصناعية التي يمكن التعرف على استخدامها العام ولا يمكن تحديد أنواع العمليات داخل هذه المباني، ويحتاج التعرف عليها إلى خبرة كبيرة نوعاً ما.

فعلى سبيل المثال يمكن أن نعرف أن الصناعة في الشكل (3 - 25) هي صناعة تحويلية ولكن يصعب تحديد أي أنواع الصناعات التحويلية هي. والشخص الذي لديه خبرة في أنواع الصناعات المختلفة واحتياجاتها من حيث المباني والأفران وطريقة توزيع المباني في موقع المصنع، لن يجد صعوبة في تحديد نوع الصناعة (شكل 3 -26).

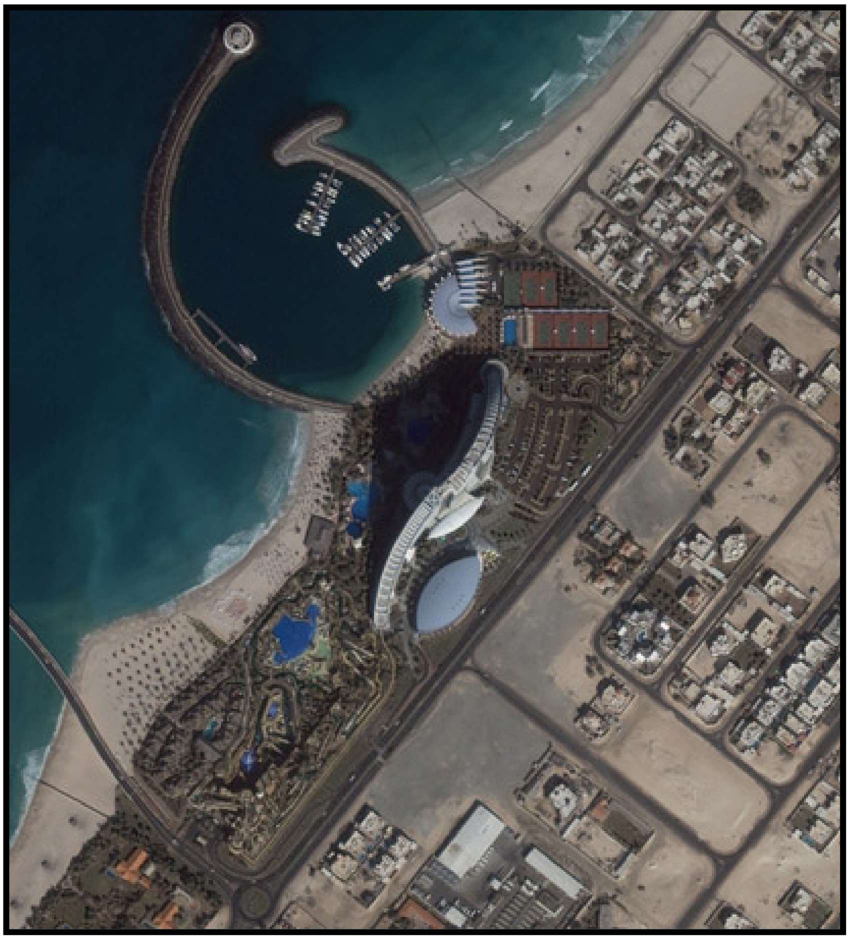


شكل (3 -25): المجمعات الصناعية على الصور.



شكل (3 - 26 ): مفاعل بوشهر النووي – إيران.

وفي المدن مناطق معينة يمكن تحديدها بسهولة, مثل المنطقة القديمة، المناطق التجارية، المساجد، المدارس، المناطق الصناعية والورش، الإدارات الحكومية، الحدائق العامة والأماكن الترفيهية والمنتجعات (شكل 3 - 27 ).



شكل (3 -27): سهولة تحديد المنتجعات السياحية على الصور الفضائية ( دبي ).

## 7. المواقع الأثرية:

تعتبر النتائج التي قدمتها الصور في حقل الآثار مدهشة وذات أهمية كبيرة، فمن السهل تمييز المباني والبقايا الأثرية البارزة على سطح الأراضي في الصور، وذلك لظهورها بأشكال مميزة وغريبة عما يحيط بها (شكل 3 - 28 ).

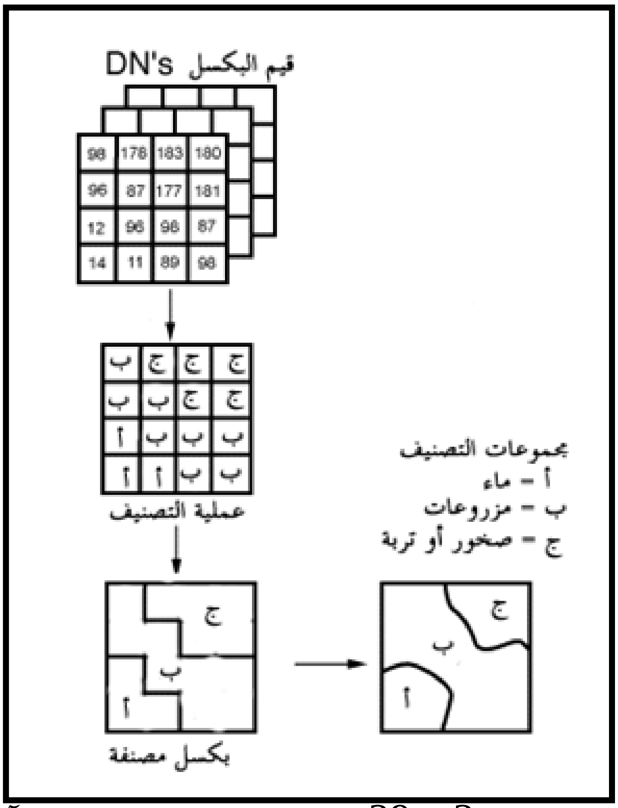


شكل (3 - 28 ): المواقع الأثرية على الصور ( الأهرامات – مصر ).

## 3 -2 -2 التحليل والتفسير الآلي (التصنيف الآلي Classification):

شاهدنا كيف أن التحليل والتفسير اليدوي يتطلب كوادر بشرية مدربة وذات خبرة عالية لنحصل على التحليل المطلوب، وكذلك يستلزم وقتاً طويلاً وبالتالي تكلفة التحليل اليدوي تكون عالية. لذا وجد ما يسمى بالتحليل الآلي أو التصنيف الآلي.

التصنيف الآلي هو جعل كل المناطق التي لها نفس الانعكاس في مجموعة واحدة، بمعنى أدق جعل كل بكسل لها نفس العدد الرقمي DN أو تقع في فترة معينة (مثل 150> 35 > DN) في مجموعة واحدة أو ما يسمى Themes. ومن هذا نلخص أن التصنيف الآلي يعتمد في عملية التصنيف على القيمة الضوئية (العدد الرقمي DN) للبكسل فقط كأساس للتصنيف (شكل 3 -29).




شكل (3 -29): مفهوم عملية التصنيف الآلي.

ونقسم طرق التحليل الآلي إلى قسمين رئيسين:

- التصنيف المراقب (Supervised Classification).
- التصنيف غير المراقب (Unsupervised Classification).

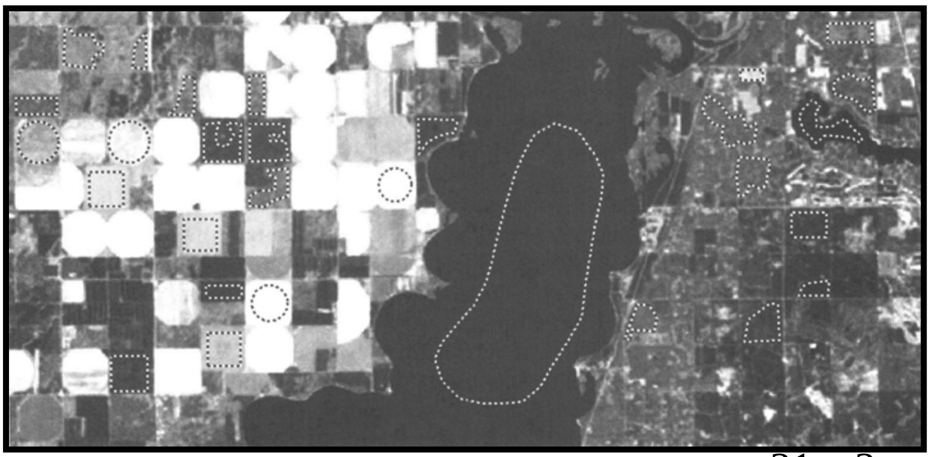
### 3 -2 -2 -1 التصنيف المراقب (Supervised Classification):

يقوم محلل المرئية بمراقبة عملية تصنيف البكسل، وذلك بأن يحدد من خلال خوارزميات حاسوبية الأوصاف العددية للأنماط المختلفة لغطاء الأرض في الصورة. ومن أجل ذلك تستخدم مواقع عينات ممثلة لنمط معروف من غطاء الأراضي تسمى مناطق تدريب (Training Areas) وذلك لوضع دليل تصنيف عددي يصف الخصائص الطيفية لكل نمط من أنماط المعالم المدروسة. ثم تجرى المقارنة بين كل بكسل في مجموعة المعطيات عدديا وبين كل فئة في دليل التفسير، ويطلق عليه اسم الفئة التي تشبهه أكثر ما يمكن.

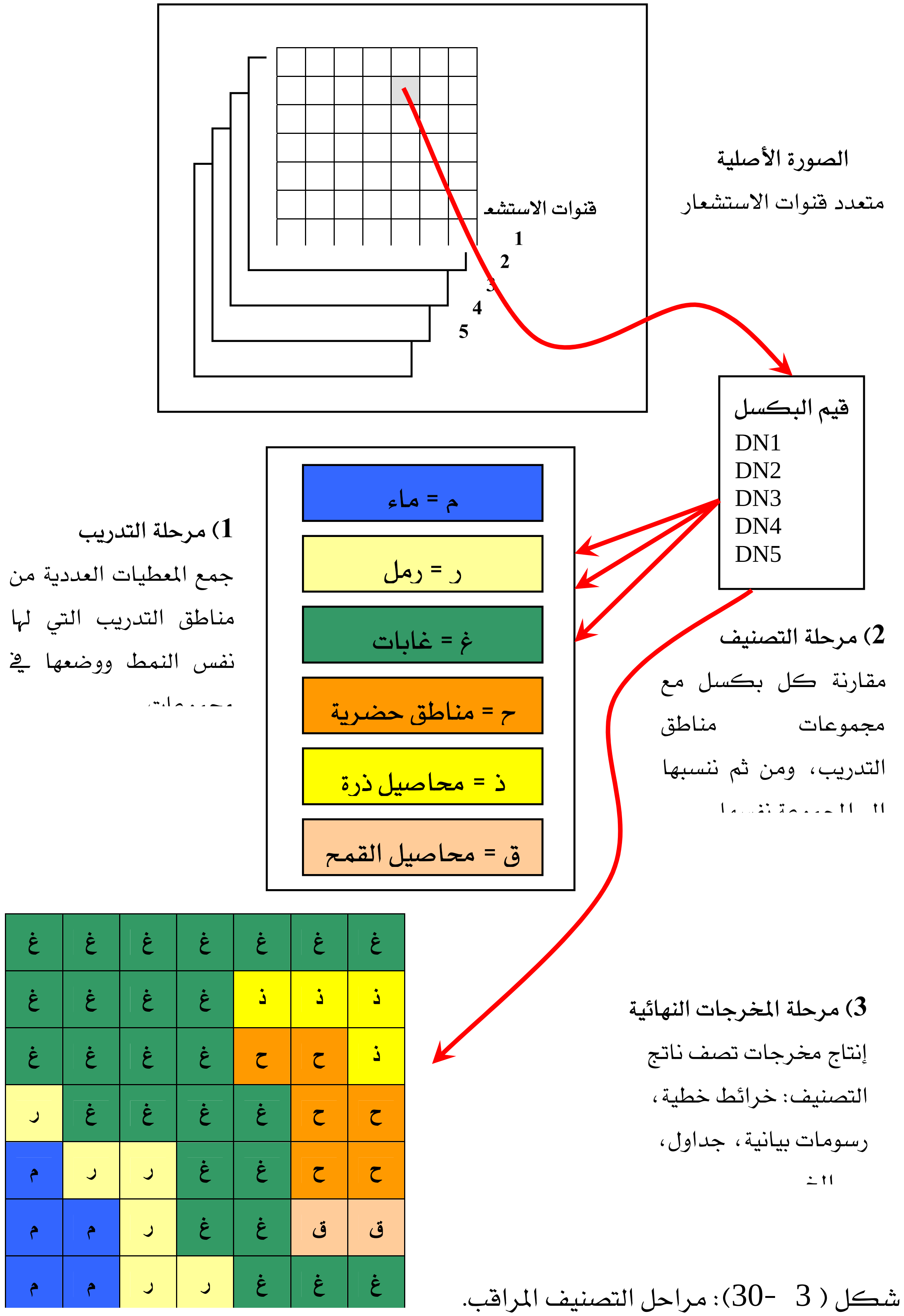
والتصنيف المراقب يمر بثلاث مراحل رئيسة (شكل 3 -30):

**مرحلة التدريب**: يتم تحديد مناطق التدريب أو عينات التدريب وتحديد الفئات المتشابهة أو المتقاربة في النمط، فتجميع معطيات التدريب اللازمة لتصنيف المراقب لا تتم بصورة آلية على الإطلاق. فعملية التدريب اللازمة للتصنيف المراقب هي علم وفن في آن واحد، وهي تتطلب تفاعلا كاملا بين المحلل والصورة، كما أنها تتطلب معطيات مرجعية أو مساعدة غزيرة ومعرفة جيدة بجغرافية المنطقة التي تنطبق عليها المعطيات. وأهم من ذلك أن طبيعة التدريب تحدد نجاح التصنيف، فتحدد بالتالي قيمة المعلومات الناتجة عن عملية التصنيف بكاملها.

والهدف الشامل للعملية هو تجميع مجموعة من الإحصائيات التي تصنف الاستجابة الطيفية لكل نمط من أنماط أغطية الأرض المطلوب تصنيفها في أي صورة (شكل 3 -31) عمل دليل تصنيف.



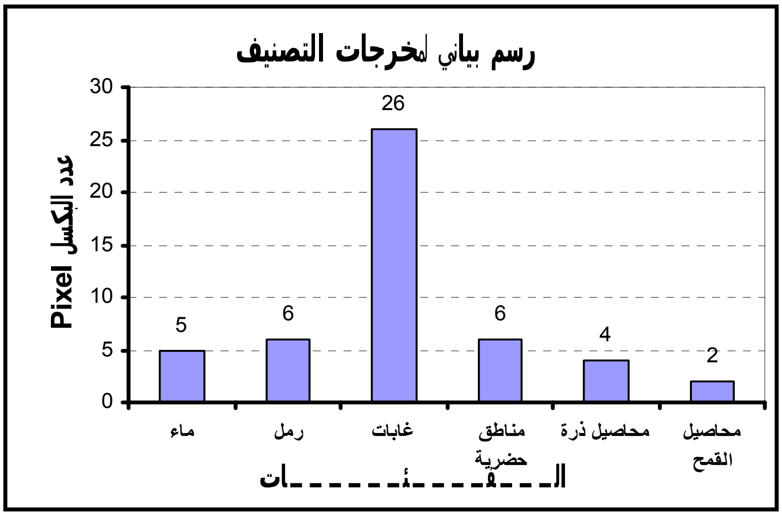
شكل (3 -31): مناطق تدريب مختارة في الصور لدراستها وتحديد خصائصها.




شكل (3 -30): مراحل التصنيف المراقب.

مرحلة التصنيف: تتم فيها مقارنة كل بكسل من الصورة المراد تصنيفها مع الفئات أو المجموعات التي تنتمي إليها عدديا ثم تتم تسميتها باسم الفئة.

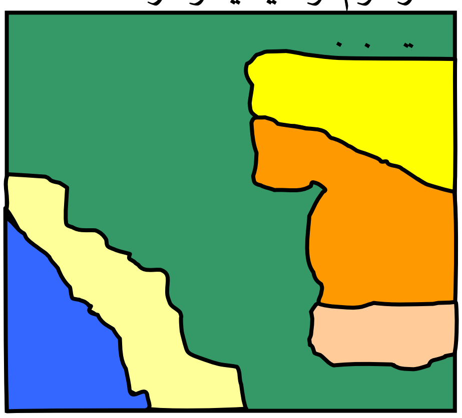
مرحلة المخرجات: يتم في هذه المرحلة استخراج منتج نهائي لعملية التصنيف، و تتوقف عملية التصنيف على إنتاج مخرجات نهائية تنقل المعلومة المفسرة إلى المستفيد بشكل ملائم. وهناك عدة مخرجات يمكن أن تنتج من عملية التصنيف حسب إمكانيات أجهزة الحاسب والبرامج المتوفرة. ومن الأمثلة الشائعة: جداول إحصائية، رسومات بيانية، وصور ملونة (شكل 3 -32).




الجدول الإحصائي للتصنيف

| الفئة | عدد | النسبة |
|---|---|---|
| ماء | 5 | 10.20% |
| رمل | 6 | 12.24% |
| غابات | 26 | 53.06% |
| مناطق | 6 | 12.24% |
| محاصيل | 4 | 8.16% |
| محاصيل | 2 | 4.08% |
| المجموع | 49 | 100 % |

رسوم توضيحية وخرائط



شكل ( 3 -32): أمثلة على مخرجات النهائية لتصنيف.

### 3 -2 -2 -2 التصنيف غير المراقب (Unsupervised Classification):

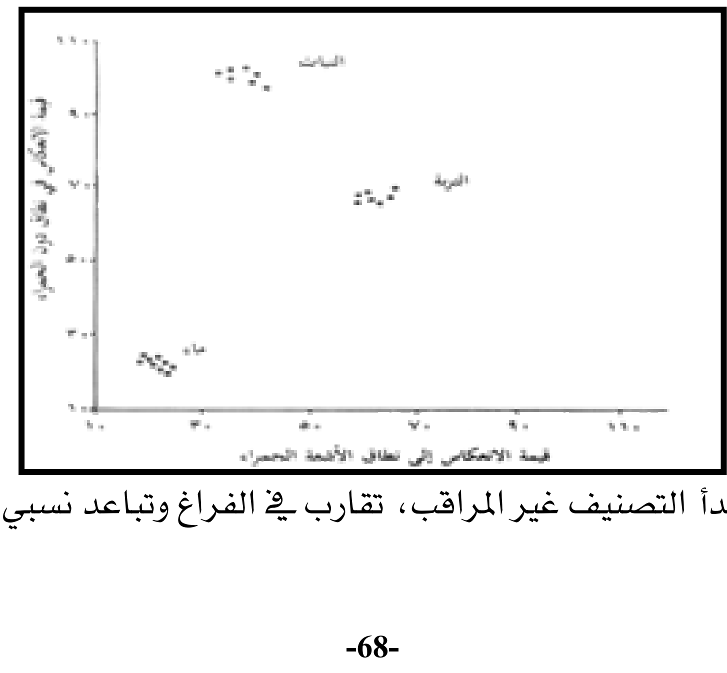
يطبق التصنيف غير المراقب مثل التصنيف المراقب على مرحلتين منفصلتين. والفرق بين قسمي التصنيف هو أن التصنيف المراقب يتضمن مرحلة تدريب تتبعها مرحلة تصنيف. أما في طريقة التصنيف غير المراقب فتصنف معطيات الصورة أولا وذلك بتجميعها في المجموعات الطيفية الطبيعية الموجودة في الصورة. ثم يحدد محلل الصور هوية غطاء الأرض لهذه المجموعات الطيفية وذلك بمقارنة معطيات الصورة المصنفة بمعطيات الصورة الأساسية.

وعملية التصنيف غير المراقب لا تستخدم معطيات تدريب أساسا للتصنيف، وإنما تتضمن خوارزميات تفحص بكسل غير المعروفة في الصورة وتجمعها في عدد من الأصناف اعتمادا على التجمعات الطبيعية في قيم الصور.

والمبدأ الأساسي في عملية التصنيف غير المراقب هو أن القيم الموجودة في نمط غطاء معين (ماء، غابات، رمل، ... الخ) يجب أن تكون متقاربة في فراغ القياس، على حين يجب أن تكون المعطيات في الأصناف المختلفة متباعدة نسبيا بعضها عن بعض (شكل 3 -33).

والأصناف الناجمة من التصنيف غير المراقب هي أصناف طيفية. وبما أن هذه الأصناف الطيفية قد وضعت على أساس التجمعات الطبيعية وحدها في قيم الصورة، فإن هويتها لن تعرف في البداية، وسيكون على المحلل، لكي يحدد هوية الأصناف الطيفية وقيمة معلوماتها، أن يقارن المعطيات المصنفة ببعض المعطيات المرجعية البسيطة (كالصور أو الخرائط ذات المقياس الأكبر).

وهكذا في عملية التصنيف المراقب نحدد فئات المعلومات المفيدة، وبعد ذلك نفحص قابلية تفريقها من الناحية الطيفية، أما طريقة التصنيف غير المراقب فإننا نحدد الأصناف التي يمكن التفريق بينها من الناحية الطيفية، وبعد ذلك نحدد فائدة معلوماتها.



شكل (3 -33): مبدأ التصنيف غير المراقب، تقارب في الفراغ وتباعد نسبي بين الفئات المختلفة.

المملكــة العربيــة الســعودية
المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني
**الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج**

# الاستشعار عن بعد

## تطبيقات متنوعة في الاستشعار عن بعد

تطبيقات متنوعة في الاستشعار عن بعد

4



# الوحدة الرابعة : تطبيقات متنوعة في الاستشعار عن بعد

**الجدارة:**

أن يتعلم المتدرب بعض التطبيقات في الاستشعار عن بعد.

**الأهداف:**

تدربت في الوحدة السابقة على كيفية تحليل الصور وتفسيرها وذلك بالتعرف على محتوياتها وفي هذه الوحدة سوف نتطرق إلى بعض التطبيقات المتنوعة في الاستشعار عن بعد وبإذن الله ستكون بنهاية هذه الوحدة:

1. قادراً على معرفة تطبيقات الاستشعار عن بعد في المناطق الحضرية.
2. قادراً على معرفة تطبيقات الاستشعار عن بعد في المناطق الزراعية و الريفية.
3. قادراً على معرفة التطبيقات العسكرية في الاستشعار عن بعد.

**متطلبات الجدارة:**

ينبغي أن تتشكل لدى المتدرب صورة متكاملة حول الاستشعار عن بعد.

**مستوى الأداء:**

أن يصل المتدرب إلى نسبة 100٪ في فهم التطبيقات في الاستشعار عن بعد.

**الوقت المتوقع للتدريب:**

6 ساعات.

**الوسائل المساعدة:**

1. صور فضائية أو جوية.
2. جهاز حاسب آلي لغرض عرض الصور.
3. زيارات ميدانية لكل مهتم بهذه التقنية.

# تطبيقات الاستشعار عن بعد

## 4 -1 مقدمة :

بعد ما تعرفنا إلى مفهوم الاستشعار عن بعد ومصادر المعلومات فيه، و طرق تفسير وتحليل مخرجاته. نتطرق الآن إلى بعض تطبيقات الاستشعار عن بعد ، وطرق الاستفادة من مخرجاته. فاليوم هناك أمثلة لا تحصى على نجاح تقنية الاستشعار عن بعد. فلقد مكنت صور الاستشعار عن بعد من تصحيح كثير من المعلومات، و ذلك لأن هذه الصور تعطي نظرة شمولية ودقيقة وآنية لمعالم الأرض.

## 4 -2 التطبيقات الحضرية :

يحتاج مخططو المناطق الحضرية دوما إلى معلومات مستمرة لصياغة سياسات الحكومات وبرمجتها. ويمكن أن تتراوح هذه السياسات بين المجالات الاجتماعية والاقتصادية والثقافية، ويمتد دور إدارات التخطيط ليشمل أنشطة أخرى. إضافة إلى تعدد المشكلات الحضرية التي تواجه المخططين، والتي ترجع أسبابها بشكل رئيس إلى عدد من العوامل يمكن حصرها في ثلاث مجموعات وهي:

1. **العوامل التاريخية**: فمعظم مدن العالم وجدت أساسا لتقوم بوظائف تختلف تماما عن وظائفها الحالية، أو أن وظيفتها الأساسية أصبحت واحدة من مجموعة وظائف أخرى تقوم بها. وكثير من المدن نمت واتسعت بشكل أصبح يفوق قدرتها على تأمين احتياجاتها من الموارد والتغلب على مشكلاتها.
2. **العوامل التخطيطية**: فالمدينة عنصر متطور ومتغير لا يتوقف عند مستوى معين ولا يسير ضمن حدود ضيقة. لذا فإن عمليات التخطيط وإعادة التخطيط المستمرة. والتي تشمل استخدامات الأرض والمناطق الوظيفية داخل المدن ووضع استراتيجيات النمو ومراقبتها، لا تخلو من الأخطاء وسوء التقدير وبطء اتخاذ القرارات الحاسمة في وقتها مما يؤدي في النهاية إلى تراكم المشكلات وتعقدها.
3. **العوامل التنظيمية**: فالمدن داخل أي نظام حضري تختلف فيما بينها من حيث الحجم ونوع ومقياس الأنشطة التي تقوم بها. وكلما كان النظام الحضري غير متوازن من حيث الحجم وتوزيع الأنشطة، زادت المشكلات الحضرية وتعقدت.

وهذه العوامل التي ذكرناها وإيجاد الحلول للمشكلات المرتبطة بها يعتمد بشكل كبير على مدى توفر المعلومات لدى الأجهزة التخطيطية والتنفيذية لفهم طبيعة كل مشكلة وأسبابها ووضع الحلول الملائمة لها. ولذلك تزايدت الحاجة لدى الأجهزة التخطيطية والتنفيذية من أجل الحصول على مصادر للمعلومات بأشكال متنوعة وتكون آنية ودقيقة وبتكلفة معقولة. ويتم الحصول على كثير من هذه المعلومات بتفسير وتحليل صور و مخرجات الاستشعار عن بعد.

ومن الأمثلة التي نعايشها في حياتنا اليومية داخل المدن: رسم خرائط تفصيلية للمدن, دراسة حركة المرور ومواقف السيارات, تخطيط وتوزيع المتنزهات والحدائق داخل المدن، دراسة استعمالات الأراضي، التمدد الحضري واتجاهه، دراسة المجمعات الصناعية.

❖ رسم خرائط تفصيلية للمدن:

تعتبر الصور الفضائية من المصادر الأساسية لرسم الخرائط التفصيلية، وذلك لتوفر هذه الصور وبدقة تمييزية عالية ( تصل إلى 60 سم كما ذكرنا في صور القمر QuickBird) ولتكلفتها المعقولة مقارنة بالمسح الأرضي. وتتم عملية إنتاج الخرائط بعدة مراحل: أولها التخطيط والتنسيق واختيار نوع الصور المناسبة والدقة المطلوبة، ثم التصوير أو شراء الصور مباشرة من الجهات المختصة ( شركات أو غيره)، ثم ربط هذه الصور بنقاط التحكم وتصحيح الأخطاء الهندسية وإزالة التشوهات منها، وتأتي عملية الترقيم (تحويل الصور الفضائية إلى معلومات رقمية) والتي تتطلب الجهد والوقت الكثير بل هي في الحقيقة أهم عنصر في حساب تكلفة إنتاج الخرائط من الصور الفضائية لأنها تحتاج إلى كوادر بشرية مدربة وبرامج متخصصة وأجهزة حاسب متقدمة. والمرحلة الأخيرة من الإنتاج تكون في المخرج النهائي الذي يراد إخراج هذه الخرائط عليه، فمن الممكن أن تكون المخرجات على شكل خرائط ورقية (Hard Copy) أو خرائط رقمية (Soft Copy) أو حتى ممكن أن تكون المخرجات على شكل طبقات رقمية (Vector Layers) تستخدم في تطبيقات أخرى. ويمكن استخدام مخرجات هذه الصور كخرائط قاعد لنظم المعلومات الجغرافية (Geographic Information System = GIS ).

وكذلك يمكن أن تنتج مباشرة من الصور الفضائية خرائط الصور المصححة (Orthoimage Maps)، وهي عبارة عن صور فضائية تم تصحيح إزاحة الميل للمعالم و إزاحة التضاريس فيها، و لإنتاج هذه الخرائط نحتاج إلى صور مجسمة ومعلومات الارتفاعات الأرضية(Data Elevation Model = DEM أو ما يعرف Digital Terrain Elevation Data = DTED) لإنتاجها، وهي بشكل عام خرائط ولكن لا

يستعاض عن المعالم الموجودة فيها برموز ( مثل الطريق خط، والمباني مضلع، وهكذا ) بل تظهر المعالم كما في الحقيقة من المنظر الرأسي (Top View) ويضاف إلى المعلومات المطلوبة (مثل أسماء الطرق، أسماء بعض المعالم الهامة، شبكة الإحداثيات المصححة، وغيرها).

❖ **دراسة حركة المرور ومواقف السيارات:**

تعتبر الصور الفضائية و سائل الاستشعار الأخرى من الوسائل الرئيسة التي تستخدمها معظم هيئات النقل والمواصلات على اختلاف المستويات المحلية و الإقليمية والوطنية عند دراسة الأوضاع الراهنة أو عند إنشاء طرق جديدة أو في دراسة بعض المشكلات الخاصة.

وهناك نوعان من أنواع المواصلات في المدن يمكن دراستها عن طريق استخدام وسائل الاستشعار عن بعد:

**العناصر الثابتة**: وتشمل دراسة مواقع و تركيب شبكة الطرق والشوارع في المدينة، مثل دراسة استخدام الأرض المخصصة للسيارات، وتتم عملية قياس استخدام الأرض المخصصة للسيارات بقياس مساحة الشوارع ومواقف السيارات وإيجاد نسبتها من مجموع مساحة المدينة أو المنطقة المراد دراستها. وكذلك تستخدم وسائل الاستشعار عن بعد في تخطيط الطرق الجديدة باختيار المسار المناسب وحساب التكلفة المبدئية لنزع الملكية والتصميم المبدئي.

**العناصر المتغيرة**: تستخدم الصور الفضائية في دراسة حركة المرور والبضائع والناس في المدينة، مثل دراسة مناطق الاختناق المروري (عنق الزجاجة) في الصور المأخوذة في أوقات الذروة وإيجاد الحلول لها.

❖ **تخطيط وتوزيع المتنزهات والحدائق:**

في كثير من المدن الكبيرة أدى عدم الاهتمام في عمل الاحتياطات المبكرة لتوفر الأراضي اللازمة للحدائق والمتنزهات الترفيهية إلى تزايد الضغط السكاني على استخدام أراضي المدينة بسبب تزايد عدد السكان. ومن الأمثلة التقليدية على اهتمام مخططي المدن بتوفير الأرضي للحدائق من فترة مبكرة من نمو المدينة، الحديقة المركزية في (منهاتن) بمدينة نيويورك.

ومهما يكن من أمر فإن الكثير من المدن الكبيرة كثيفة السكان إما أنها تفتقد إلى المتنزهات والحدائق مثل مدينة عمان، أو أنها غير كافية لاستيعاب المتنزهين. وفي أي مدينة لا يتم التخطيط للحدائق والمتنزهات في المراحل الأولى من نمو المدينة فقد يصبح

ارتفاع أسعار الأرضي عائقا أمام إقامة حدائق ومتنزهات جديدة (ومثال ذلك متنزه سلام بمدينة الرياض) أو حتى توسيع الحدائق والمتنزهات الموجودة.

هذا وقد ساعدت الصور ذات المقاييس الكبيرة في القيام بمسوحات تفصيلية لتقدير مدى ضغط السكان على الحدائق والمنتزهات، وتحديد المواضع ذات القيمة العالية في أغراض التنزه, والخدمات اللازم إضافتها.

❖ **دراسة استعمالات الأراضي:**

تعتبر خرائط استخدامات الأرض من أكثر الخرائط التي يستخدمها المخططون الحضريون وأهم ما تشمله هذه الخرائط ما يلي:

1. طبيعة تقسيم الأراضي بين مختلف الأنشطة.
2. نسبة المساحة المخصصة لكل استخدام.
3. نسبة الأرض المخصصة لطرق المواصلات.
4. العلاقات بين استخدام الأرض وطرق المواصلات.

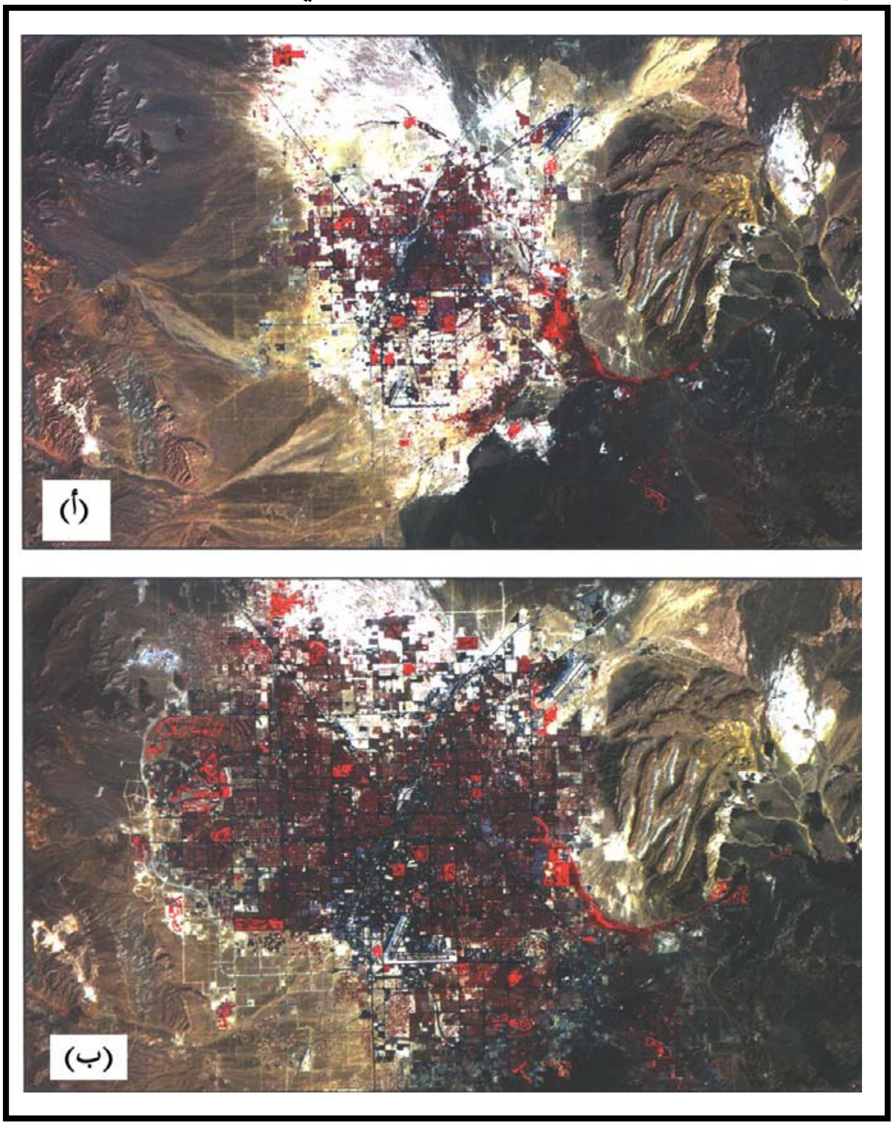
كما أن استخدام الأرض يعتبر من أكثر المجالات الحضرية استخداما للصور لعدد من العوامل أهمها:

- أن الحصول على بيانات استخدام الأرض عملية مكلفة وتستهلك وقتا وجهدا كبيرين، ويمكن أن تكون وسائل الاستشعار عن بعد أرخص وأسرع لإنتاج خرائط استخدام الأرض.
- مما تتميز به استخدامات الأرض تغيرها المستمر والسريع في بعض الحالات، وبدون متابعة هذه التغيرات يجب وضع المخططات أو تعديلها عند الحاجة لمواجهة الظروف الجديدة، واستخدام العمل الحقلي التقليدي لهذا الغرض يعتبر أيضا عملية مكلفة ومستهلكة للوقت والاستشعار عن بعد وسيلة ذات كفاءة عالية من حيث السرعة في اكتشاف التغير في استخدام الأرض.

وللصور ووسائل الاستشعار الأخرى قدرة محدودة في استخدامها لدراسة استخدام الأرض بحيث يصبح استخدامها فيما بعد لا يقل عن العمل الحقلي من حيث التكلفة واستهلاك الوقت.

❖ التمدد الحضري واتجاهه:

ويمكن قياس تمدد المدن ومعرفة اتجاه النمو فيها، وذلك باستخدام صور الاستشعار عن بعد في فترات زمنية متباعدة، ومثال ذلك صورة القمر الصناعي لاندسات لمدينة (لاس فيقاس –Las Vegas) (شكل4 -1) فنلاحظ الفرق في مساحة المدينة بين العامين المختلفين الصورة (أ) عام 1972م والصورة (ب) عام 2000م، ونستطيع تحديد اتجاه النمو كما هو واضح في الصورة اتجاه الغرب والجنوب الشرقي.




شكل (4 -1): مدينة (لاس فيقاس – Las Vegas) من لاندسات (أ) عام1972م، (ب) عام2000م.

❖ دراسة المجمعات الصناعية:

يعد تصنيف الصناعات، والتعرف إلى المناطق الصناعية والمصانع المختلفة من الأمور الهامة بالنسبة لمفسر الصور، والذي يعمل ضمن هيئات تخطيط المدن، وضبط نوعية الماء والهواء، وفي بعض الحالات فإن تفرد المباني الصناعية أو وجود علامات مميزة على أسطح مباني المصانع يجعل عملية تفسير الصور سهلة نسبيا (مثل المداخن، سيور الإنتاج و خزانات الوقود)، وفي حالات أخرى تتطلب معرفة المنشآت الصناعية خلفية علمية واسعة في الصناعة، ومهارة كبيرة في استنتاج نوعية المصنع من خلال قرائن ذات علاقة، وأحيانا يتطلب الأمر توافر دليل أو أكثر من أدلة التفسير، وبلا شك فإن المفسر الذي يعرف عن عمليات التصنيع يكون قادرا على تمييز الأنشطة الصناعية بسهولة.

## 4 - 3 التطبيقات الزراعية والريفية:

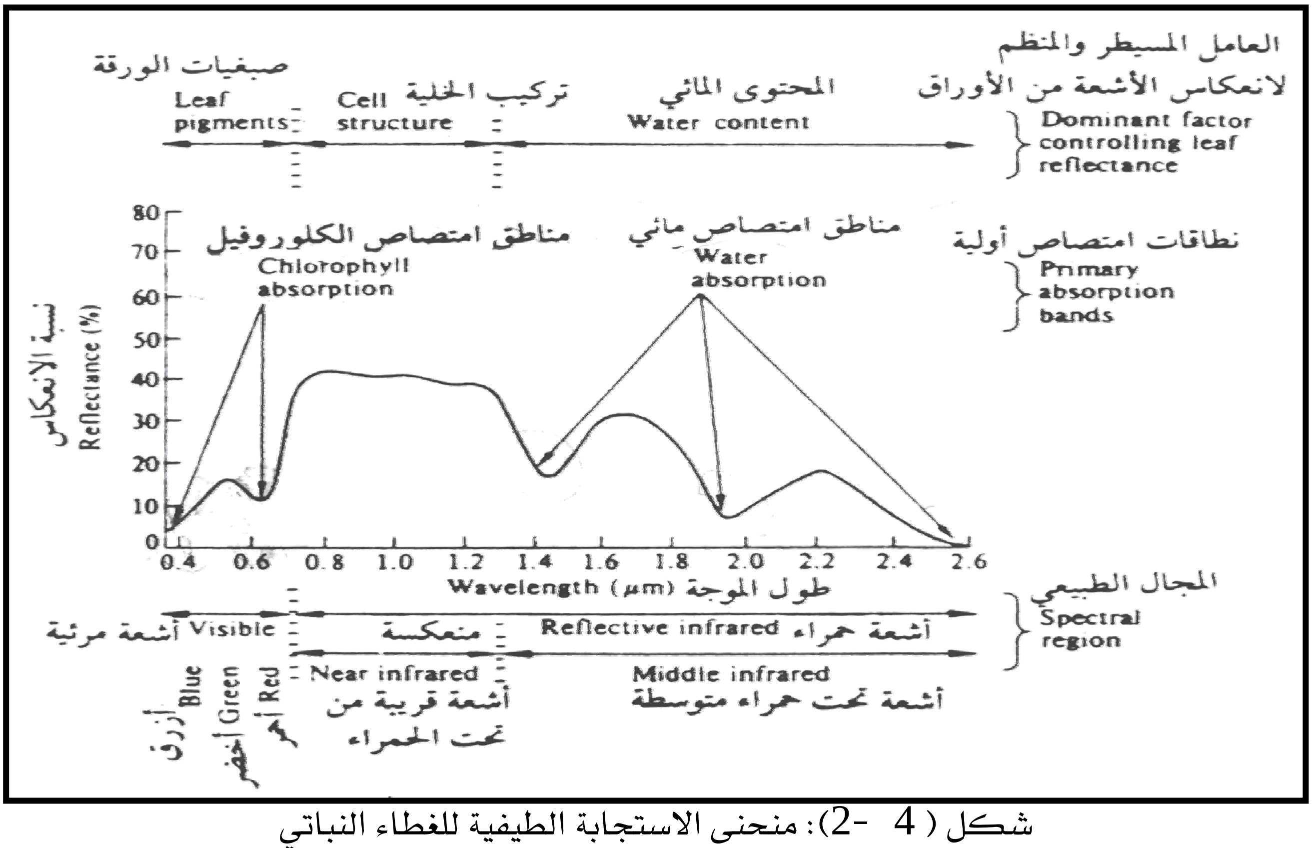
تعتبر الثروة الزراعية أساسا استراتيجياً وتلعب دورا كبيرا في القوى السياسية للدولة شأنها في ذلك شأن الصناعة أو التجارة, والأراضي المستثمرة في الإنتاج الزراعي تشكل نسبة أكبر من أي استخدام في معظم دول العالم من استخدامات الأراضي. ونتيجة لذلك نجد أن الاهتمام بالحصول على معلومات مبكرة وشاملة عن المساحات المزروعة بالمحاصيل المختلفة وكمية الإنتاج المتوقع من كل محصول، وتأثير الأمراض والحشرات في كمية الإنتاج، وتحديد المناطق التي تعاني من الجفاف، تعتبر أساسية في الإدارة الحديثة للقطاع الزراعي وفي تسويق المنتجات الزراعية, ولكن هذه المعلومات لا يمكن الحصول عليها في الوقت المناسب وبالدقة المطلوبة إذا استخدمنا الطرق التقليدية في جمع البيانات وتصنيفها. لذا لابد من استخدام الوسائل المتقدمة من الاستشعار عن بعد ، وما يرتبط بها من وسائل متقدمة للتحليل وإظهار النتائج.

وقبل التفصيل في التطبيقات الزراعية لا بد أن نعرف الخصائص الأساسية للتفاعلات بين الأشعة والنباتات. فيلاحظ أن جميع المنحنيات الانعكاسية للنباتات تتخذ المظهر العام نفسه تقريبا ، فمنحنى انعكاس النباتات الخضراء يظهر على شكل وديان وقمم (شكل 4 -2). تسمى الوديان أو الحدود الدنيا في هذا المنحنى ضمن منطقة الطيف المرئي بحزم امتصاص الكلوروفيل إذ إن المواد الملونة (الصبغيات) في ورق النباتات وخاصية الكلوروفيل تقوم بامتصاص الأشعة الواردة بشدة عند النقاط 0.45 و 0.65 مايكرو متر وبالتالي فإن العين البشرية ترى النباتات السليمة بلون أخضر بسبب اللونين الأزرق والأحمر وانعكاس اللون الأخضر. وإذا تعرضت النباتات لآفة ما فإن الامتصاص الكلوروفيلي

للونين الأزرق والأحمر يقل فيزداد الانعكاس عند طول الموجة الأحمر ويظهر لون النبات مصفرا (مزيج بين اللون الأحمر والأخضر).

وعن الانتقال من الطيف المرئي إلى مجال الأشعة تحت الحمراء المنعكسة بالقرب من 0.75 مايكرو متر يحصل ارتفاع مفاجئ في منحنى الانعكاس ويمتد حتى يصل إلى المجال المجاور للأشعة تحت الحمراء عن 1.3 مايكرو متر. ففي المنطقة من الطيف (0.75 - 1.3 مايكرو متر) يعكس النبات السليم حوالي 50٪ من الأشعة الواردة ويرسل الباقي عبر الأوراق ويكون الامتصاص في حده الأدنى، إذ ليس للصبغيات سوى تأثير ضعيف على خصائص الانعكاس للنبات، وإن الذي يتحكم بالانعكاس في هذه المنطقة هو التركيب الداخلي لخلايا أوراق النبات وهذا التركيب يختلف باختلاف صنف النبات، مما يمكن من تمييز أصناف النوع الواحد من النبات حتى إن صعب ذلك في المجال المرئي. ويعتبر استخدام هذا المجال الطيفي مفيدا للكشف عن الأمراض النباتية.

إن معامل انعكاس ورقة النبات بعد طول الموجة 1.3 مايكرو متر في منطقة الأشعة تحت الحمراء المنعكسة المتوسطة يتغير بصورة عكسية مع مدى توافر الماء في الأوراق ويوجد عند النقاط 1.4 و 1.9 مايكرو متر حدان أدنيان آخران ناجمان عن امتصاص الماء الموجود في الأوراق للأشعة الواردة بشدة، وتسمى هذه المناطق الطيفية حِزَمْ امتصاص الماء.




شكل ( 4 -2): منحنى الاستجابة الطيفية للغطاء النباتي

ويعتمد تفسير النمط المميز لأي غطاء نباتي في المجال المرئي والمجال المجاور للأشعة تحت الحمراء على بعد المساحة المرئية، وموقع الشمس والزاوية السمتية ونسبة الضباب وسرعة الرياح، ويمكن أن تدخل عوامل أخرى كاتجاه صفوف المزروعات بالنسبة لاتجاه الأشعة الشمسية، وخصائص التربة تحت النبات وشكل أوراق الغطاء النباتي ونوعه وتركيبه.

ومن التطبيقات الزراعية للمعلومات المستقاة من بيانات الأقمار الصناعية ما يلي: دراسة أنواع الزراعة والمحاصيل، دراسة النباتات الطبيعية ودراسة أمراض النباتات.

❖ دراسة أنواع الزراعة والمحاصيل:

يمكن استخدام صور ومناظر الاستشعار عن بعد لإعداد خرائط تصنيف الزراعة السائدة في منطقة ما، وفي الصور ذات التحليل المكاني العالي نستطيع أن نحدد نوع الزراعة إما مباشرة من الصور، أو الاستعانة ببعض العناصر الظاهرة في الصور مثل المباني وطرق الري. وقد استخدمت صور بمقاييس صغيرة في مثل هذا النوع من الدراسات، ووجد أنه بالإمكان تحديد الأنماط الزراعية باستخدام صور الرادار ثم ربطها بظواهر طبيعية وبشرية معروفة يمكن مشاهدتها في الصور. وبالتأكيد لا يساعد المقياس الصغير والتحليل المكاني الضعيف لصور الرادار على استكشاف وتحديد التفاصيل الدقيقة، وإذا أردنا الحصول على تفاصيل أكثر يجب الرجوع إلى الصور بمقاييس كبيرة. وقد نحتاج أحيانا إلى إجراء تقديرات أولية عن كمية المحصول المتوقع للمزروعات فنلجأ إلى استخدام وسائل الاستشعار عن بعد لما توفره من معلومات شاملة وسريعة، وذلك بالاعتماد على الاختلاف في حجم الأشعة التي يعكسها كل محصول. وكما تعلمنا سابقا في باب تفسير وتحليل الصور أن أهم العناصر التي تساعدنا في اكتشاف توعية المحاصيل الزراعية هي: درجة اللون، النسيج، والأدوات المرتبطة بكل نوع من أنواع الزراعة. وكذلك يجب أن نتذكر أن النسيج واللون يتغيران من فترة إلى أخرى من فترات نمو المحصول الواحد، وأن وسائل وطرق الزراعة والأدوات والمباني المرتبطة بالزراعة تختلف بين الدول المتقدمة والدول النامية.

وبصورة عامة أصبحت وسائل الاستشعار الفضائية من الوسائل التي تستخدم بشكل واسع في الولايات المتحدة الأمريكية في تقدير كميات الإنتاج الزراعي للمحاصيل الرئيسة مثل القطن والقمح والذرة، ومن مقارنة هذه التقديرات مع تقديرات الهيئات الحكومية التي تعتمد على الطرق التقليدية، وجد أن الاختلاف بينهما لا يزيد عن 2٪ -3٪ في حين

أن تقديرات الشركات التي تستخدم وسائل الاستشعار عن بعد يتم الحصول عليها قبل عدة أسابيع من التقديرات الحكومية.

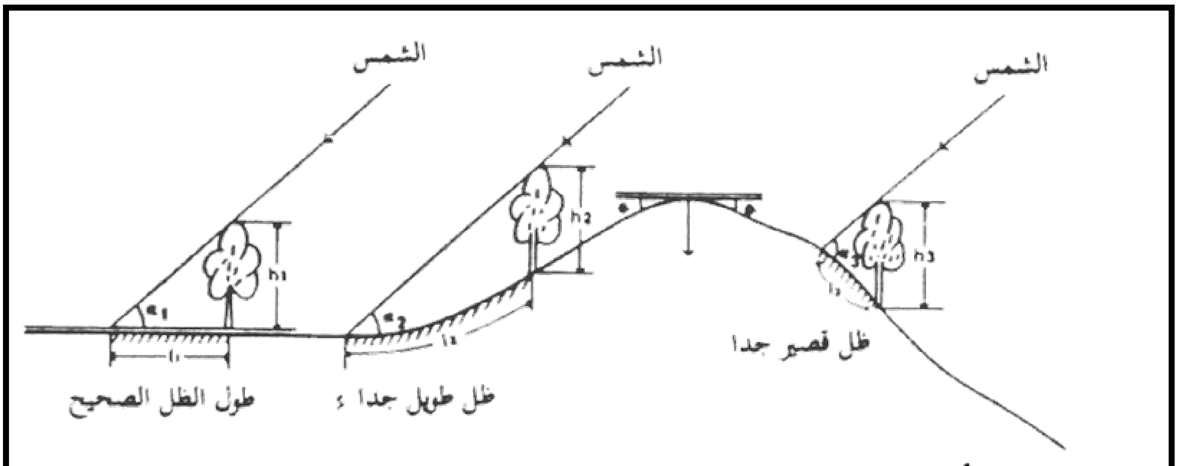
❖ دراسة النباتات الطبيعية:

يعتبر النبات الطبيعي في كثير من الدول أحد الموارد الطبيعية الهامة. وفي البلاد الجافة كالمملكة العربية السعودية لا تقل أهمية معرفة أماكن تكثيف النباتات الطبيعية عما هو موجود في البلاد الأخرى. ويمكن التفريق بين ثلاث طرق في دراسة النباتات الطبيعية باستخدام وسائل الاستشعار عن بعد:

1. **التصنيف السابق**: حيث نضع تصنيفاً يشمل جميع الأقسام التي نتوقع وجودها في منطقة الدراسة ثم نقوم باستخدام هذا التصنيف في دراسة الصور.
2. **التصنيف اللاحق**: حيث نقوم بدراسة التكوين النباتي في الصور، واعتمادا على ما نجده فيها نضع التصنيف المناسب. وعادة تؤخذ عينات من الصور تضم أشكالا نباتية مختلفة ثم نقوم بتحديد نوعيتها على الطبيعة، ونعمم ذلك على بقية الأجزاء المشابهة لها.
3. **التصنيف الخاص**: وهو يعتمد على وضع خاص يلائم طبيعة صور أو منطقة الدراسة. ويختلف هذا التصنيف عن التصنيفين السابقين في أن التصنيف الخاص يراعي خصائص ومشكلات الصور التي هي المصدر الأساسي للمعلومات، بينما التصنيف المسبق والتصنيف اللاحق يأخذان بعين الاعتبار الأرضية فقط.

وقد وجدت أن وسائل الاستشعار عن بعد مناسبة في عمليات مسح وإعداد خرائط النباتات الطبيعية، وخصوصا في المناطق ذات الوعورة الشديدة التي يصعب الوصول إليها. وتعتمد صحة تفسير صور النباتات الطبيعية على مهارة وخبرة مفسر الصور خصوصا عند تحديد أنواع وأصناف الأشجار. وبصورة عامة يمكن الاعتماد على عدد من العناصر المساعدة مثل النسيج واللون والشكل العام للنبات وقمم الأشجار، ويلعب الظل دوراً هاماً في حالة توفره للتعرف على نوع الأشجار حيث نستطيع الحصول على نظرة جانبية تشبه النظرة التي نقوم بها في المسح الأرضي، وكذلك يمكن استخدام الظل في حساب ارتفاع

الأشجار بعد معرفة زاوية أشعة الشمس ومقاس الصورة ( شكل 4 -3). أو يمكن قياس ارتفاع الأشجار من الصور المجسمة كذلك.




شكل (4 -3): استخدام الظل في معرف ارتفاع الأشجار.

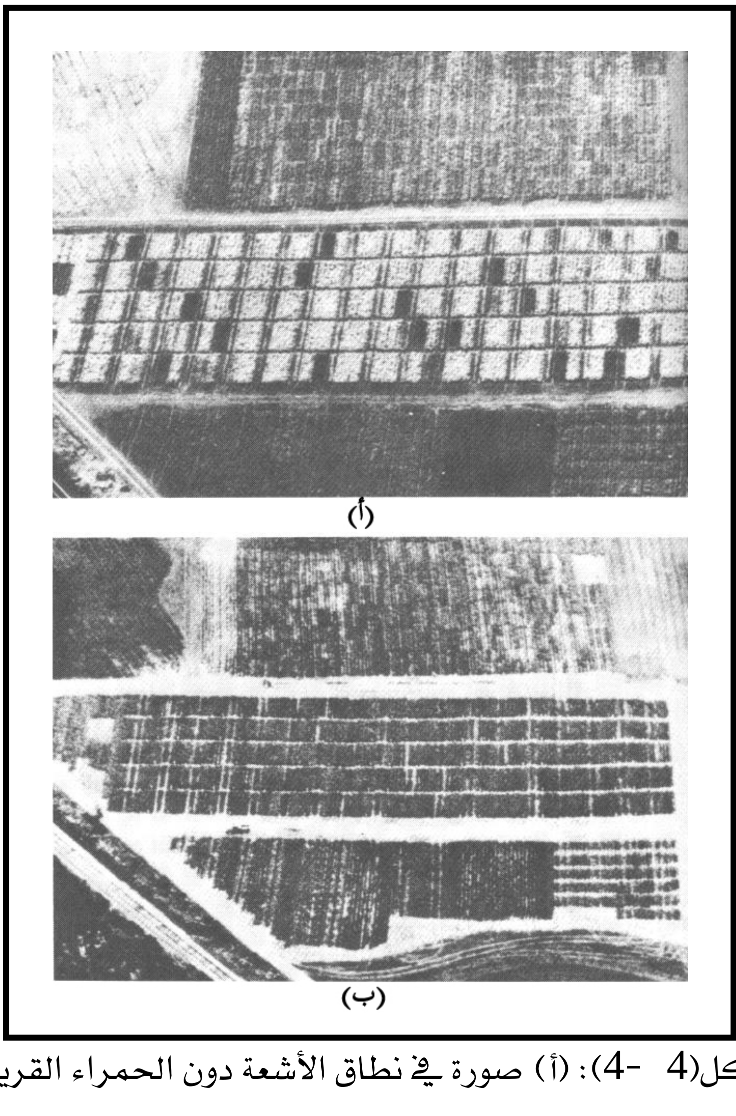
وتستخدم الصور الحساسة للأشعة دون الحمراء في استكشاف النباتات نظرا للون الأحمر المميز الذي تظهر به في الصور الذي يعتبر ذا أهمية في تحديد النباتات المزروعة والمناطق التي تم حصادها. و تعتبر وسائل الاستشعار عن بعد من أنسب الطرق للتحديد العام للنباتات الطبيعة في المناطق الكبيرة. ويمكن تلخيص أهم مجالات تطبيق وسائل الاستشعار عن بعد في دراسة النباتات الطبيعية فيما يلي:

1. تحديد أنواع الأشجار والنباتات وإعداد الخرائط لذلك.
2. تقدير كمية الأخشاب وأنواعها.
3. معرفة أطوال الأشجار.

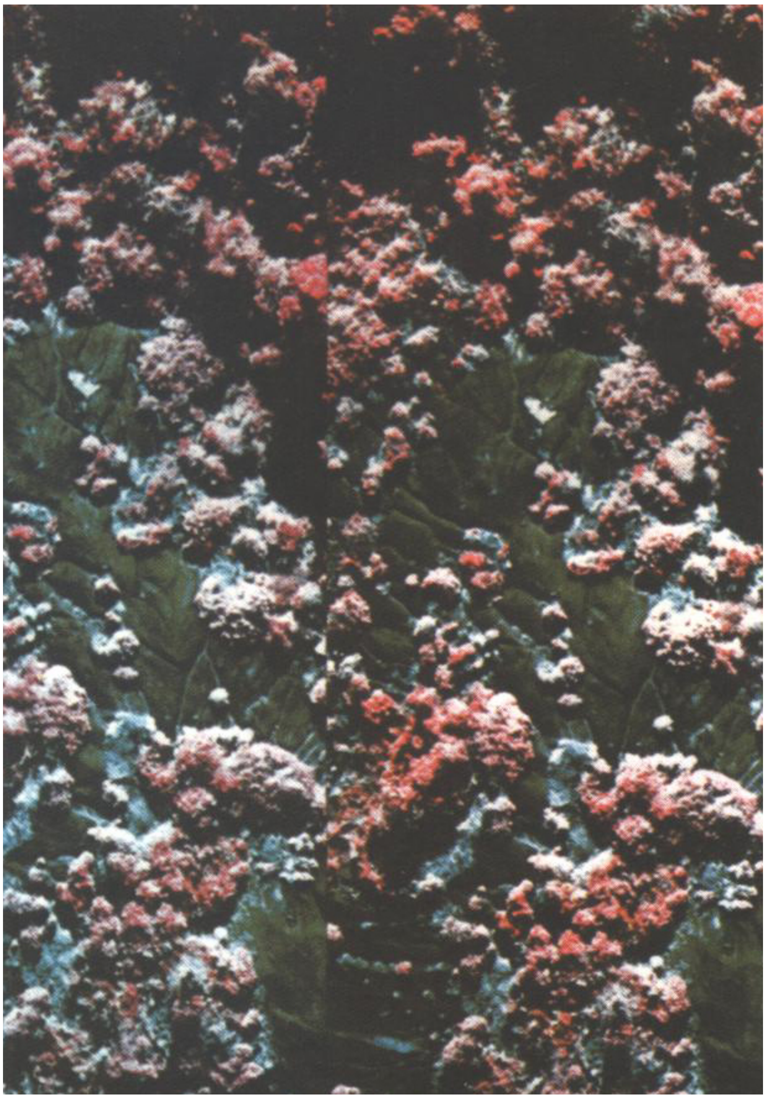
❖ دراسة أمراض النباتات:

تستخدم وسائل الاستشعار عن بعد في تحديد المناطق الزراعية التي تعاني من أمراض المحاصيل، وخصوصا الصور الحاسة للأشعة دون الحمراء القريبة. وفي دراسة قام بها كل من ( مانزر Manzer وكوبر Cooper) وجد أن الصور الملونة الحساسة للأشعة دون الحمراء أفضل من الصور العادية الملونة أو البانكروماتية في استكشاف أمراض البطاطس، فمن دراسة الصورة البانكروماتية في (شكل 4 -4) لا نستطيع ملاحظة إلا

الأجزاء التي في مرحلة متأخرة من المرض، بينما في الصور الحساسة للأشعة دون الحمراء نلاحظ جميع المناطق المتأثرة. بل إنه يمكن استكشاف أمراض النباتات قبل ظهور أعراضها باستخدام هذا النوع من الاستشعار. وتظهر النباتات المريضة في الصور الأبيض والأسود الحساسة للأشعة دون الحمراء بلون أسود. أما في الصور الملونة الحساسة للأشعة دون الحمراء فتظهر النباتات بلون وردي إلى بني غامق تبعا لشدة تأثرها بالمرض، أما النباتات الميتة أو الضعيفة فتظهر بلون أخضر أو رمادي مائل للزرقة (شكل 4 -5).



شكل(4 -4): (أ) صورة في نطاق الأشعة دون الحمراء القريبة،
(ب) صورة لنفس المنطقة في نطاق الأشعة المرئية



شكل(4 -5): صورة حساسة للأشعة الحمراء القريبة يمكن فيها تمييز النباتات الضعيفة أو الميتة التي تظهر بلون رمادي مائل للزرقة

## 4 -4 التطبيقات العسكرية:

لقد ساهم القطاع العسكري في تطور علم الاستشعار عن بعد من نشأته، بل كان هو أساس تطور ونشأة هذا العلم، حيث كان الغرض الأساسي من نظم ووسائل الاستشعار عن بعد هو عمليات التجسس والاستطلاع على قوات العدو مثل ما تم في الحرب العالمية الأولى و الثانية.
وتعتبر وسائل الاستشعار عن بعد مصدراً مهماً وأساسياً في كثير من عمليات العسكرية، وذلك لأن وسائل الاستشعار الحديثة ليس لها حدود سياسية ولا تتطلب إذناً للتصوير، كما أنها ذات قدرة هائلة على تقديم معلومات غزيرة عن الأرض، والاحتفاظ بهذه المعلومات في أشكال مختلفة من وسائط التخزين ( ورقية ورقمية). ومن أهم التطبيقات العسكرية التي تستخدم: عمليات الاستطلاع الجوي، عمليات التجسس وحصر أهداف العدو، اختيار طرق حركة القوات العسكرية أثناء المعارك والحروب، مراقبة قوات العدو، عمليات التدريب الطيارين.

### ❖ الاستخبارات ومراقبة العدو:

من المعلوم أن نظم الاستخبارات المتقدمة تلعب دورا بارزا في حفظ توازن القوى في العالم أوقات السلم، كما يكون لديها مفتاح النصر أوقات الحرب. وتعني الاستخبارات حسب مفهوم الشؤون الدولية: التوقع بحدث ما قبل وقوعه في دولة معينة كرد فعل معين للأزمات السياسية أو الاقتصادية أو العسكرية.

وتتميز عملية الاستخبارات بكونها دورية ومستمرة، وتهدف عمليات الاستخبارات إلى توفير تغطية من الصور للأرض باستمرار ويتم تفسيرها تبعا لمعرفة أية تغيرات عسكرية أو غيرها تحصل في منطقة معينة. ويرى الخبراء العسكريون أن هذا النمط من الاستخبارات المتقدم يمنع القوى المتعدية أو المتغطرسة من تنفيذ مخططاتها العدوانية إذا ما علموا دائما بأن مخططاتهم مكشوفة ومحللة ومفهومة، مما يفقدها عنصر المفاجئة في العدوان والذي ربما يكون أهم أسباب النصر. وفي أوقات الحروب وأثناء العمليات الحربية فإن تواجد نظام متقدم لاستخبارات الأرض يكون من العوامل الأساسية التي تحسم المعركة لصالح الدولة التي تملك نظام الاستخبارات المتقدمة. إذ يساعد هذا النظام على تزويد دائرة العمليات الحربية تباعا بأحدث المعلومات عن تحركات العدو العسكرية، بالإضافة إلى إمكانية معرفة خصائص الأراضي التي تخضع للعمليات الحربية المختلفة.

ويتولى مهام تفسير الصور للأغراض العسكرية والاستخبارات مجموعة من المتخصصين العسكريين على مستوى عال من التدريب، بحيث تمكنهم من التعرف إلى

الأهداف العسكرية الأرضية وتمييزها. بالإضافة إلى قدرتهم على توفير المعلومات اللازمة عن طبيعة الأرض وخصائصها المختلفة، وتقييم تلك المعلومات وإعداد التقارير الخاصة بها في وقت قصير. ولذلك يجب أن يتمتع مفسر الصور العسكري بخلفية علمية متنوعة ومتعمقة في أساليب تفسير الصور ويتمتع بقدرات ذهنية عالية و يلم بجميع علوم الحياة ليستفيد منها في تفسير الصور.

ويمكن استخدام الصور في عملية الاستخبارات العسكرية بشكل مباشر وغير مباشر، ومثال الطرق المباشرة: حصر الطائرات أو المعدات العسكرية (شكل 4 -6)، أو معرفة مواقع الصواريخ ومنصاتها. والطرق غير المباشرة: مثلا حساب حجم خزانات الوقود في القواعد العسكرية لمعرفة إجمالي ساعات الطيران الممكن تزويدها به (شكل 4 - 7).

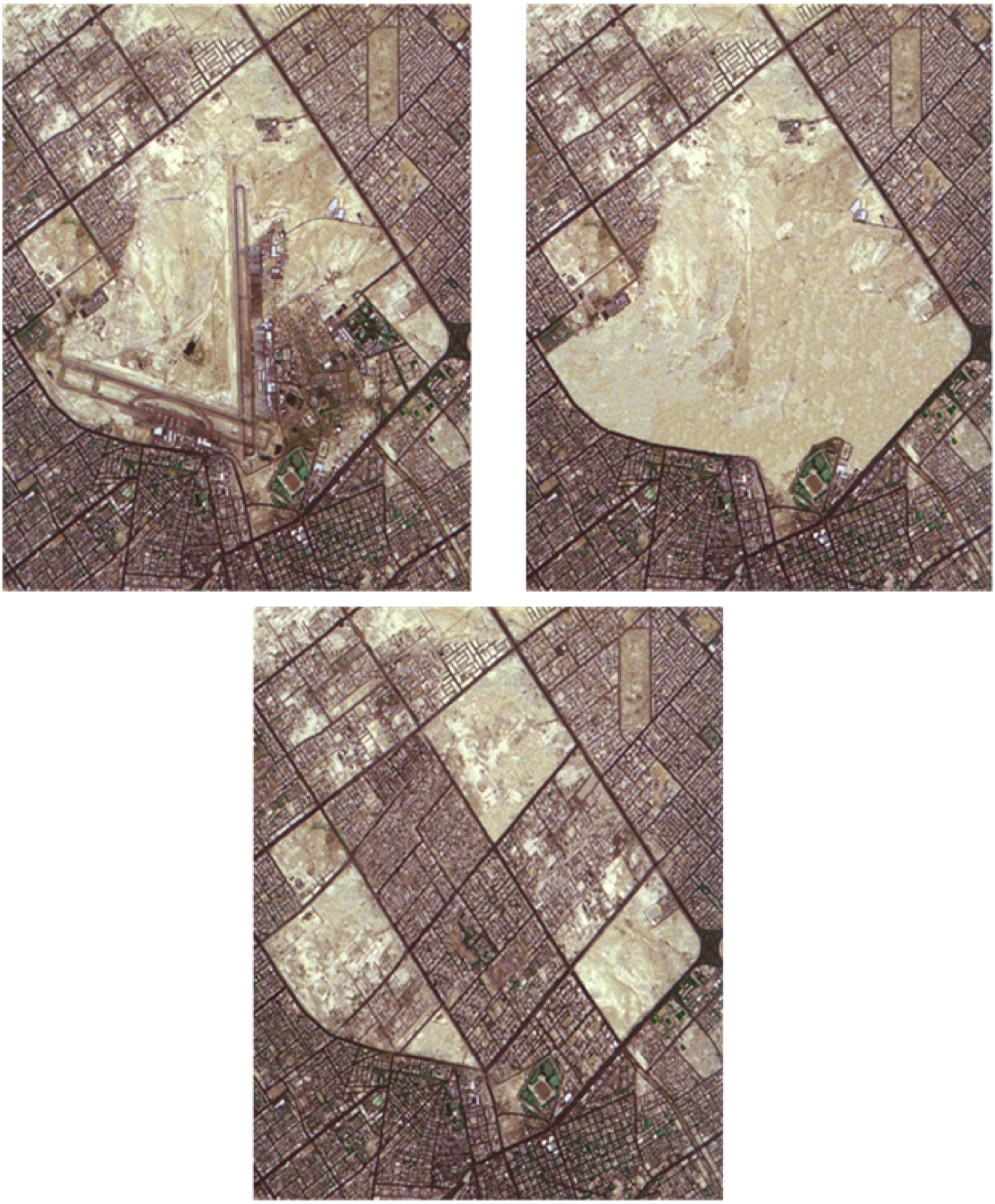


شكل (4 -6): صورة طائرة يمكن تمييزها بسهولة في الصور الفضائية.



شكل (4 -7): خزانات وقود يمكن حساب حجمها من الصور باستخدام الظل.

ويمكن استخدام الصور لمعرفة الآليات العسكرية المتخفية تحت الأشجار باستخدام الصور الحساسة للأشعة الحرارية. ولكن أيضا يستطيع العسكريون تشويش هذه المعلومات بوضع مثلا أجسام صواريخ خشبية مغطاة بحديد لتظليل مفسري الصور الحرارية، ويمكن تمويه المواقع المهمة في المدينة أو تغطيتها بمعالم أخرى لتضليل المفسر أيضا (شكل 4 -8).



شكل ( 4 -8): طرق من تمويه الصور الفضائية.

❖ تدريب الطيارين:

يمكن استخدام الصور الفضائية في تدريب الطيارين أو حتى في التخطيط قبل الطيران. وتستخدم الصور الفضائية مع معلومات الارتفاعات الأرضية لتكوين نظام الطيران التشبيهي الذي يتدرب عليه الطيارون مما يحفظ تكلفة التدريب وعمليات الحوادث في كليات الطيران، وهذا النظام معمول به في الخطوط السعودية الآن.

## 4 -5 التطبيقات الأخرى:

وكما ذكرنا سابقا لا يمكن حصر جميع التطبيقات الممكنة من مخرجات نظم الاستشعار عن بعد، ولكن نذكر أمثلة إضافة إلى ما تم ذكره من تطبيقات، ممكن استخدام الصور ذات التحليل المكاني الجيد في حصر السكان والمساكن, أو في دراسات تلوث البيئة المائية أو دراسة وحصر الكوارث الطبيعية.

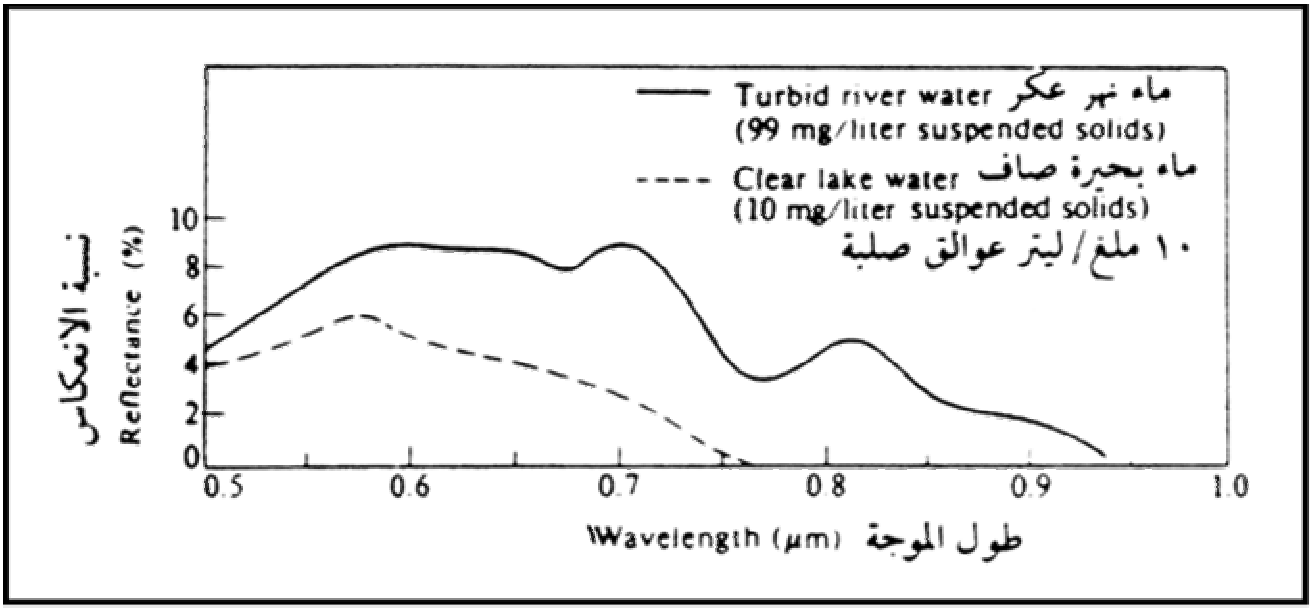
❖ دراسة تلوث البيئة المائية:

تعد المياه من أهم مواردنا الطبيعية، سواء في استخدامها للري أو لتوليد الطاقة أو للشرب أو في الصناعة أو في الأغراض الترفيهية. ويمكن استخدام تفسير الصور بطرق شتى لرصد الماء من حيث كميته أو توزيعه الجغرافي. ومن أمثلة ذلك راسم خرائط الحدود البحرية والأنهار والبحيرات، وكذلك دراسة تلوث البيئة المائية لأن الماء مصدر الحياة.

وقبل التفصيل في التطبيقات المائية لا بد أن نعرف الخصائص الأساسية للتفاعلات بين الأشعة والماء. فيلاحظ أنه كلما ازداد طول الموجة، ارتفعت نسبة امتصاص الأشعة وقلت نسبة انعكاسها من سطح الماء (شكل 4 -9). وتكون قمة الانعكاس عن طول موجة 0.45 مايكرو متر، ويتميز الماء أينما وجد بخاصية امتصاص الأشعة تحت الحمراء الانعكاسية، لذلك يمكن تحديد مواقع المياه في صور الأقمار الصناعية بدقة وخاصة في تلك المنطقة من الطيف إذ يبدو الماء بلون أسود. أما في المجال المرئي من الطيف فينتج الانعكاس إما من تفاعل الأشعة الواردة مع سطح الماء ولذلك يبدو براقا بسبب ظاهر الانعكاس التناظري، أو من التفاعل مع قعر المياه إذا كانت صافية فلا تمتص إلا نسبة قليلة من الأشعة وخاصة في القسم الأخضر و الأزرق من الطيف المرئي وتنفذ الأشعة بسهولة. أما في المياه العكرة ونظرا لوجود مواد عضوية وأخرى غير عضوية فتتغير خاصية النفوذ للأشعة، وبالتالي معامل الانعكاس لها، فالمياه الحاوية على رسوبيات ناجمة عن تآكل التربية لها معامل انعكاس عال في المجال المرئي، وأكبر من معامل الانعكاس في المياه

الصافية (شكل 4 -9). كما أن معامل الانعكاس للماء يتغير بتغير تركيز الكلوروفيل فيه. يزداد الكلوروفيل في الماء يقلل من الانعكاس في القسم الأزرق من الطيف المرئي ويزده في القسم الأخضر منه. ويمتص الماء عامة معظم أشعة الشمس التي تسقط عليه، إلى عمق مترين تقريبا.

أما الثلج والجليد فلهما معامل انعكاس عال في الجزء المرئي من طيف الأشعة الكهرومغناطيسية, وينخفض هذا المعامل في بداية مجال الأشعة تحت الحمراء.ولكنه يبقى أعلى بكثير من معامل انعكاس العناصر الأخرى، إلا أنه مع اتجاه منحنى الانعكاس نحو الأشعة تحت الحمراء المتوسطة في المجال 2.1 – 2.35 مايكرو متر يهبط معامل الانعكاس للثلج بشدة بحيث يصبح أقل انعكاسا من جميع العناصر الأخرى، وهذا يفيد مجال الأشعة تحت الحمراء المتوسطة في التفريق بين الثلج والغيوم، كما يمكن باستخدام القناة الحرارية، التي يتراوح طول موجاتها ما بين 10.5 – 12.5 مايكرو متر، أن يتحدد الغطاء الثلجي اعتمادا على اختلاف درجات الحرارة لكل من الثلج والجليد والمواد المحيطة بكل منها، إذ يبدو الثلج بلون أسود داكن. وتبدو العناصر الدافئة أكثر بياضا في الصور الحرارية.




شكل (4 -9) منحنى الانعكاس الطيفي للماء الصافي والعكر.

ومن المعروف أنه لا توجد مياه طبيعة إلا وتحتوي على شيء من المواد الغريبة. وتعد المياه ملوثة عندما تحتوي على مواد غريبة تكفي لأن تحد من استخدامها للأغراض المنزلية أو الصناعية. ولا يتأتى التلوث عن النشاط البشري وحده، فمن المصادر الطبيعة للتلوث نذكر المواد المعدنية الناجمة عن غسيل التربة وتفسخ النباتات. وعندما نتحدث عن تلوث المياه لا بد أن نأخذ بالحسبان نمطين اثنين من مصادر التلوث: الملوثات المباشرة والملوثات غير المباشرة. ويقصد بالملوثات المباشرة تلك التي يمكن حصر موقع مصدرها، مثل مخارج المصانع. أما الملوثات غير المباشرة فتضم الملوثات التي تكون مناطق مصادرها متعددة ومتفرقة مثال ذلك ما تحمله معها المياه الخارجة من الحقول الزراعية من أسمدة ورواسب.

ويتعذر تحديد نوع الملوث ومعرفة تركيزه باستخدام الصور وحدها. إلا أنه يمكن استخدام الصور لتحديد الموقع الذي يلتقي فيه الملوث بالكتلة المائية، وتحديد طريقة انتشاره. ويمكن في بعض الأحيان كما في حالات الرواسب المعلقة في الماء تقدير تركيز الرواسب بقياسات كمية للراديومترية الفوتوغرافية يرافقها تحليل مخبري لعينات مختارة من الماء.

كما يمكن الكشف عن المواد التي تكون طبقات رقيقة على سطح الماء، كطبقات النفط، بوسائل الاستشعار عن بعد. حيث يكون لون طبقات النفط السميكة بنيا أو أسود. أما أغشية النفط الرقيقة أو آثار النفط فلها لمعان فضي أو ذات ألوان قزحية، وليست بنية أو ذات سواد واضح. والاختلافات الرئيسة بين انعكاسية الكتل المائية وطبقات النفط في الجزء من الطيف الضوئي بين 0.30 – 0.45 مايكرو متر. لذلك فإننا نحصل على أفضل النتائج بإجراء التصوير الملون العادي أو التصوير بالأشعة فوق البنفسجية.

❖ دراسة الكوارث الطبيعية:

تستخدم وسائل الاستشعار عن بعد في تقدير ومعرفة الأضرار وخسائر الكوارث الطبيعية. وتساعد هذه الوسائل في توثيق الحاجة للمساعدات العاجلة من غيرها, وكذلك يمكن استخدامها من قبل شركات التأمين لتساعدهم في تقدير قيمة الخسارة في الممتلكات.

ومن أقرب الأمثلة ما حدث من زلزال (تسونامي –Tsunami) الذي حدث نهاية عام 2004م والذي كان سببه زلزال في البحر أدى إلى فيضانات في المنطقة كلها من إندونيسيا إلى الهند. ونلاحظ في (شكل 4 -10 و4 -11) جزءاً من الجزر الإندونيسية التي أصابها الفيضان، ففي الصورة التي قبل الفيضان لون التربة فاتح ولكن بعد تشبعها بالماء يكون لوناً غامقاً لأنها رطبة .



شكل (4 - 8):

شكل (4 -10): صورة للمنطقة قبل الفيضان ( صورة Quick Bird 23/06/2004م).



شكل (4 -11): آثار الدمار بعد الفيضان ( صورة Quick Bird 28/12/2004م).

# المراجع


- الاستشعار عن بعد وتطبيقاته في الدراسات المكانية، 1986م، د. خالد محمد العنقري، جامعة الملك سعود ، المملكة العربية السعودية – الرياض، 193 صفحة.
- أسس تقنيات الاستشعار عن بعد ، 1993م، علي وفا عبد الرحمن أبو ريشة، مركز دراسة الصحراء – جامعة الملك سعود ، المملكة العربية السعودية – الرياض، 70 صفحة.
- المساحة الجوية والاستشعار عن بعد ، 1994م، د. يوسف صيام، كلية الهندسة والتكنولوجيا – الجامعة الأردنية، عمان - الأردن، 417 صفحة.
- أصول في المساحة، 1983م، د. يوسف صيام، كلية الهندسة والتكنولوجيا – الجامعة الأردنية، عمان - الأردن، 567 صفحة.
- الاستشعار عن بعد وتطبيقاته، 1987م، د. يحيى عيسى فرحان، قسم الجغرافيا – الجامعة الأردنية، عمان – الأردن، 268 صفحة.
- رسالة الجوية، العدد 11 ذو الحجة 1425هـ يناير 2005م.
- مذكرة في معالجة المرئيات الرقمية، بروفسور الدكتور عبد الله الصادق علي، قسم هندسة المساحة – جامعة الخرطوم، الخرطوم – السودان، 40 صفحة.
- الاستشعار عن بعد وتفسير المرئيات، 1994م، تأليف توماس. م. ليلساند و رالف و. كيفر، ترجمة د. حسن حلمي خاروف، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم – المركز العربي للتعريب والترجمة والتأليف والنشر.
- Effect of Data Compression on Image Analysis And Classification Accuracy, 1998, Suliman Rashed Al-Daham, King Saud University – Riyadh, KAS, 55 Pages.
- Remote Sensing And Image Interpretation Fifth Edition, 2004,Thomas M. Lillesand – Ralph W. Kiefer – Jonathan W. Chipman, United States of America, 763 Pages.

## كتب إلكترونية (e-Book)


- Fundamentals of Remote Sensing, Canada Centre for Remote Sensing, 258 Pages.
- Remote Sensing, Canada Centre for Remote Sensing, 2003, US Amy Corps of Engineers, Engineering And Design, 217 Pages.


## مواقع جمعيات ومنظمات وشركات على شبكة الإنترنت

الشركة المالكة للقمر الصناعي QUICKBIRD

http://www.digitalglobe.com

الشركة المالكة للقمر الصناعي IKONOS

http://www.spaceimaging.com

القمر الصناعي LANDSAT7

/http://landsat7.usgs.gov

الشركة المالكة للقمر الصناعي SPOT

http://www.spotimage.fr/home

الشركة المالكة للقمر الصناعي RADARSAT

http://radarsat.mda.ca

**مواقع أخرى:**

http://www.cadmagazine.net
http://www.gisdevelopment.net
http://www.orbimage.com
http://gislounge.com
http://www.ccrs.nrcan.gc.ca
http://www.isro.org
http://landsat.usgs.gov

# فهرس الأشكال

**الوحدة الثالثة -تحليل وتفسير صور الاستشعار عن بعد**

**الوحدة الرابعة -تطبيقات الاستشعار عن بعد**

## فهرس الجداول

# المحتويات

تقدر المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني الدعم
المالي المقدم من شركة بي آيه إي سيستمز (العمليات) المحدودة
GOTEVOT appreciates the financial support provided by BAE SYSTEMS

BAE SYSTEMS